Berekeningsnota

STABILITEITSCONTROLE CONSTRUCTIES

Bouwheer

PEETERS TENTENVERHUUR

Bouwadres

Project

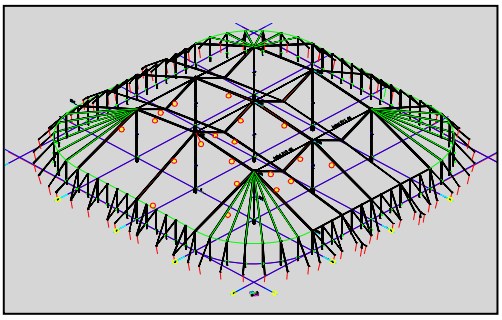
SPANTENT 32 m

Constructies, voorwerp van de opdracht

Masten, zijpalen, ankers, verankeringspennen, spanbanden, zeildoek.

Uitvoerders

Peeters tenten



Ontwerpers

Controlebureau

Auteurs berekeningsnota

Ir. Ludo Hilkens

Handtekening

Projectid : 070101-PMPP
Aanvang berekeningen :
Versie (index) : d

Eerste druk : 30 april 2007
versiedatum : 25 juni 2007

Uitgangsdocumenten

Tekeningen opgemaakt door Peeters Tentenverhuur
Technische fiches Mehler (pvc-tentdoek)
Technische fiches Load-Lok (spanbanden)

Bijlagen

tekeningen
technische fiches Mehler en Load-Lok

© Dit document is eigendom van LM HILKENS ENGINEERING en mag niet, zelfs gedeeltelijk, gedupliceerd of getoond worden aan derden zonder schriftelijke toelating van de eigenaar.

Dit document is bestemd om overgemaakt worden aan de bouwheer en de betrokken controlerende personen of organisaties.

LM Hilkens Engineering - Wijshagerkiezel 64 B-3670 Meeuwen-Gruitrode +32(0)89 46 17 73 -lmhe@skynet.be

OPDRACHT

De berekeningsnota is uitgevoerd in opdracht van PEETERS TENTENVERHUUR

In deze nota worden de spanningen in de diverse onderdelen van de tent en haar constructie gecontroleerd alsook de verankeringen die instaan voor de algemene stabiliteit van de tent.

De tent is berekend met windlast tengevolge van zware storm (100 km/u, 28 m/s, 0.5 kN/m², 10 bft). Sneeuwlast is voor de huidige berekening niet in rekening gebracht.

Toegepaste norm En 13782 - Temporary structures - Tents - Safety.
Berekening als kabelstructuur

OMSCHRIJVING VAN DE CONSTRUCTIES

Spantent met breedte van 32 m, masten op raster van 8 m bij 8 m met hoogtes 7.2 en 6.2 m.

Profielmaten van de masten : verticale onderbuis 108mm x 3.6 mm (diameter en wanddikte), verticale bovenbuis 101.6 x3.6.

Steunpalen langs de tentomtrek met lengte 2.6 m en tussenafstand 1.33 m.

Profielmaten van de steunpalen : buis 48.3 x 2.9 mm.

Ankerpalen : vol staal, Ø 40 mm, lengte 1,2m, op 2 en 3 m van de omtrekspalen. Een deel van steunpalen is dubbel verankerd.

Materiaal tentzeil : pvc, leverancier Mehler (technische fiche in bijlage).

Tentzeilversterkingen ter verbetering van krachtsoverbrenging naar de steunpunten :

- ter plaatse van de nok
- van zijdelings steunpaal tot zijdelingse steunpaal
- ter laatse van de steunpalen
- ter plaatse van de masten
- staalkabel per tentvak van 8 m over de breedte van de tent (op halve breedte)
- puntversterkingen met ingenaaide nylonband en staalplaten.

BESLUITEN BIJ DE BEREKENINGSNOTA

1. De belastingsgraad van zeildoek en spanbanden is kleiner dan 100% :

38% voor de spanbanden
74% voor het zeildoek

2. De belastingsgraad van de steunpalen en de ankers is kleiner dan 100% :

64 % eerste orde,
83 en 93 % knik en torsieknik

3. Om ontspanning van zeildoek of spanbanden te voorkomen is naspanning van minimaal 0.5 kN op de spanbanden vereist.
Aanbevolen waarde voor de naspanning (waarde die ook in het rekenmodel is gehanteerd) :
1.5 kN.

4. Aangezien er geen ontspanning van de spanbanden optreedt, is de standzekerheid van de tent verzekerd.

Deze resultaten zijn geldig mits volgende voorwaarden :
- windsnelheid tot maximum 100 km/uur
- tent gesloten aan de windzijde (loefzijde)

INHOUD BEREKENINGSNOTA

P. 4 Materiaalkarakteristieken

P. 5 Belastingscombinaties, belastingen

p. 7 Weerstandscontroles bij de steunpunten

p. 14-45 Grafische voorstelling van rekenmodel, lasten en berekeningsresultaten

p. 14 Geometrie rekenmodel

p. 15. Lasten

p. 17-18 Weerstandscontroles

p. 19-27 Normaalkrachten (algemeen overzicht)

p. 28-36 Normaalkrachten in de spanbanden

p. 67-45 Normaalkrachten in het zeildoek

MATERIAALKARAKTERISTIEKEN

1. Staal van masten en zijpalen, kabel

Masten, palen :	Kwaliteit S235 of hoger.			
Kabel :	Roestvrij staal	Rd =	25	kN

2. Spanbanden en spanhaken (opspanning tent op de ankers)

Volgens technische fiche in tentenboek.

Nylon	merk :	Load-Lok		
	breeksterkte :	50	kN	
	werkbelasting :	20	kN	(Rd opgegeven door fabrikant)
Afgeleide waarden :				
	Rmin :	50	kN	minimum breeksterkte
	γM :	2		materiaalveiligheidscoëfficiënt
	Rd :	**25**	**kN**	

3. Tentzeil

Volgens technische fiche in tentenboek.

Pvc,	merk :	Polymar 8506 Poly Prima	
	densiteit	635	gr/m²
	tensile strength :	2700	N/50mm
Afgeleide waarden :			
	ftk :	54	kN/m
	γm :	2.5	
	Rd :	**21.6**	**kN/m**

4. Nylon verbindingslussen

Geschatte waarden :			
	ftk :	2	kN/koord
		4	kN/lus
	γm :	2	
	Rd :	**2**	**kN/m**

5. Grondankers

	Totale lengte :	1.2	m		
	lengte in de grond :	1	m	100	cm
	diameter :	0.04	m	4	cm
EN 13782 :	**Zd :**	**6**	**kN**	(4 tot 7 kN)	

Waarnemingen over meer dan 10 jaar doen vermoeden dat Zd waardes kan aannemen van meer dan 10 kN.
In het verloop van deze rekennota is de waarde 6 kN weerhouden voor Zd.

BELASTINGSCOMBINATIES

De gecontroleerde belastingscombinaties houden rekening met :
- eigengewicht
- naspanning (opspanning van de spanbanden met 1 tot 2 kN)
- wind

Partiële veiligheidscoëfficiënten in U.G.T. :

eigengewicht :	1.1
wind	1.2
naspanning	1.2

Het rekenmodel is opgesteld met druk- en momentloze staafelementen.
De windlast is enerzijds ingevoerd als puntlasten die loodrecht inwerken op het uiteinde van de staafelementen en anderzijds als trekspanning in de staafelementen (kabel).

BELASTINGEN

1. Oppervlaktelasten

Eigengewicht van de berekende constructies : bepaald door de rekensoftware

Sneeuwlast Niet in rekening gebracht.

Windlasten

0-5 m stuwdruk, basisdruk **0.500** kN/m²
over- en onderdruk buiten (loef- en lijzijde)

	verticale wand, druk			0.80	**0.40**	kN/m²
	verticale wand, zuiging			-0.40	**-0.20**	kN/m²
	dak, zuiging			-0.40	**-0.20**	kN/m²
25	dak 25°	25	0.11	0.10	**0.05**	kN/m²
12	dak 12°		-0.15	-0.15	**-0.08**	kN/m²
7	dak 7°		-0.25	-0.25	**-0.13**	kN/m²
30	dak 30°	kopkant	0.20	0.20	**0.10**	kN/m²

5-10 m stuwdruk, basisdruk **0.600** kN/m²
over- en onderdruk buiten (loef- en lijzijde)

	verticale wand, druk					
	verticale wand, zuiging					
	dak, zuiging			-0.40	**-0.24**	kN/m²
25	dak 25°		0.11			
12	dak 12°		-0.15			
7	dak 7°		-0.25	-0.25	**-0.15**	kN/m²
30	dak 30°	kopkant	0.20	0.20	**0.12**	kN/m²

2. Lijnlasten

		Last	tentdelen		
		oppervl.	**zijpalen**		
			breedte	lijnlast	puntl
		kN/m²	m	kN/m	kN
gem. afstand			1.33		
factor			1.00		
belastingsbr. of lg.			**1.33**		2.6
Wind	**0.5**	kN/m²			
wand	*0.80*	**0.40**	1.33	**0.53**	**0.69**
wand	*-0.40*	**-0.20**	1.33	**-0.27**	**-0.35**

		Last	tentdelen								
		oppervl.	**zijkant - strook 4 m**			**kopse kant strook 4 m**			**kopse kant strook 8 m**		
			breedte	lijnlast	puntl	breedte	lijnlast	puntl	breedte	lijnlast	puntl
		kN/m²	m	kN/m	kN	m	kN/m	kN	m	kN/m	kN
gem. afstand			4.00			4.00			8.00		
factor			1.00			1.00			1.00		
belastingsbr. of lg.			**4.00**		8.3	**4.00**		9.3	**8.00**		9.3
dak, lij	*-0.40*	**-0.20**	4.00	**-0.80**	**-3.32**	4.00	**-0.80**	**-3.72**	8.00	**-1.60**	**-7.44**
	-0.40	**-0.24**	4.00	**-0.96**	**-3.98**	4.00	**-0.96**	**-4.46**	8.00	**-1.92**	**-8.93**
dak 25°	*0.10*	**0.05**	4.00	**0.20**	**0.83**						
dak 12°	*-0.15*	**-0.08**	4.00	**-0.30**	**-1.25**						
dak 7°	*-0.25*	**-0.13**	4.00	**-0.50**	**-2.08**						
	-0.25	**-0.15**	4.00	**-0.60**	**-2.49**						
dak 30°	*0.20*	**0.10**				4.00	**0.40**	**1.86**	8.00	**0.80**	**3.72**
	0.20	**0.12**				4.00	**0.48**	**2.23**	8.00	**0.96**	**4.46**

WEERSTANDSCONTROLES bij de steunpunten

1.- Materiaalweerstand en knikweerstand van masten en zijpalen

Zowel belastingsgraad eerste en tweede orde zijn kleiner dan 100%. **veilig**

2.a- Spanbanden tussen ankers en tentgoo

Op te nemen kracht : **9.6 kN**
(grafiek NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN)- bc UGT -omhullende)

Rd : *25 kN*

belastingsgraad : **38%** **veilig**

2.b- Ankers tussenmodules (zijkanten

Op te nemen kracht : **9.6 kN**

Rd : *6 kN*

belastingsgraad : **160%**
Bijkomende ankers voorzien of testen ter plaatse

2.c- Ankers kopmodules

Op te nemen kracht : **8.7 kN**

Rd : *6 kN*

belastingsgraad : **145%**
Bijkomende ankers voorzien of testen ter plaatse

2.d- Ankers hoekmodules

Op te nemen kracht : **5.7 kN**

Rd : *6 kN*

belastingsgraad : **95%** **veilig**

3.- Zeildoek

De tent wordt opgebouwd met de volgende modules :

- 4 hoekmodules,
- 2 kopmodules op beide uiteinden (4 kopmodules in totaal),
- 2 tussenmodules met breedte 8 m en lengte 16 m per tussenvak van 8 m.

Deze modules worden aan elkaar gekoppeld met nylon lussen ter hoogte van de nok en langs hun zijkanten die over de masten gespannen zijn.

Voor iedere module wordt de weerstand berekend ter plaatse van de steun op de masten en de zijpalen.

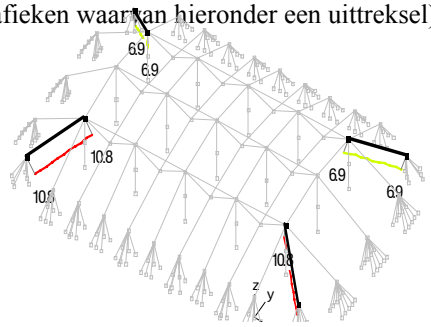
Voor de tussenmodules wordt ook de weerstand berekend op halve breedte, ter plaatse van de spankabel die in het zeil is ingewerkt en die afzonderlijk wordt opgespannen.

Hierbij spelen de volgende normaalkrachten een rol (af te lezen in de grafieken waarvan hieronder een uittreksel).

Hoekmodules

Op te nemen normaalkracht : **11 kN**

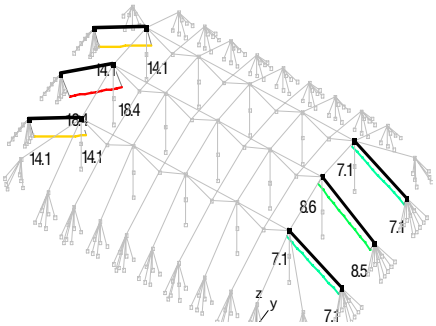
3 zijpalen
1 mast



Kopmodules (randzone in overlap tussen de twee kopmodules)

Op te nemen normaalkracht : **19 kN**

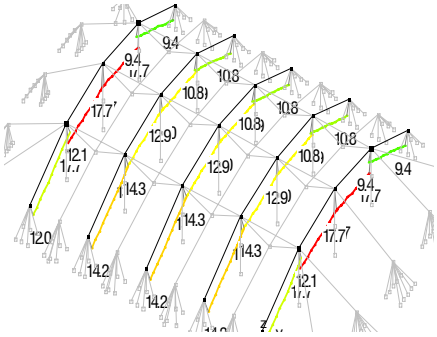
5 zijpalen
1 mast



Tussenmodules

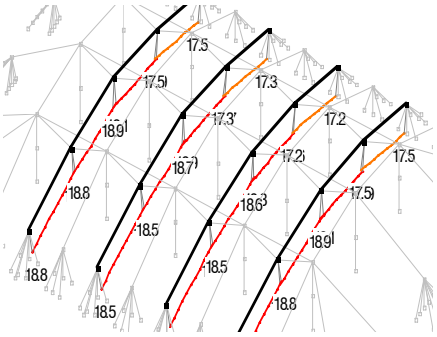
Normaalkracht in randzone : **18 kN**

3 zijpalen
2 masten



Normaalkracht op halve breedte : **19 kN**

3 zijpalen
kabel
kabelkoppeling in nok



3.a- Zeildoek, randzones tussenmodules - steunpunt op MAST

Op te nemen kracht : **18 kN**
(grafiek NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK)- bc UGT -omhullende)

Deze kracht wordt voor 80% geconcentreerd verondersteld op de stalen versterkingsplaat ter hoogte van de masten.
De versterkingsplaten hebben een breedte van 10 cm
en zijn verbonden met het tentziel door pvc-las en opgestikte nylonband.

	80%			
Kracht op steunpunt :	14.4 kN			

Pvc-materiaal verbonden met de versterkingsplaat :		**werkzame breedtes :**		
tentzeil linker vak :	4 m	werkzame breedte :		0.13 m
tentzeil rechter vak :	4 m	werkzame breedte :		0.13 m
hoekversterking linker vak :	1 m	werkzame breedte :	γm =7	0.04 m
hoekversterking rechterer vak :	1 m	werkzame breedte :	γm =7	0.04 m
randversterking linker vak	0.2 m	werkzame breedte :		0.13 m
randversterking rechter vak	0.2 m	werkzame breedte :		0.13 m
dubbele randvouw linker vak	0.16 m	(dubbele laag met breedte 8 cm)		0.16
dubbele randvouw rechter vak	0.16 m	(dubbele laag met breedte 8 cm)		0.16
		totaal		0.90 m

op te nemen kracht :	14.4	kN/m
werkzame baanbreedte :	0.90	m
Op te nemen kracht per m :	**15.94**	kN/m
Rd :	*21.6*	*kN/m*
	74%	**veilig**

De overige 20% wordt overgedragen naar de tegenoverliggende baan via 4 nylon lussen.

kracht :	**3.60**	kN	
		aantal lussen :	4 st
		werkzame breedte pvc-baan	0.08 m/lus
	0.90	kN/lus	
	11.25	kN/m	
Rd : (lus)	*2*	*kN/m*	
	45%		**veilig**
Rd : (pvc)	*21.6*	*kN/m*	
	52%		**veilig**

3.b- Zeildoek, randzones tussenmodules - steunpunt op ZIJPAAL

Op te nemen kracht : **18 kN**

In een eerste benadering wordt eze kracht gelijkmatig verdeeld over 3 zijpalen.
De versterking voor dit steunpunt bestaat uit :
- 8 lagen pvc-strippen met breedte 10 cm x 10 cm,
- pvc-strip met driehoekige vorm 40 cm x 60 cm,

33%
Kracht op steunpunt : 6 kN

Pvc-materiaal verbonden met het steunpunt		**werkzame breedtes :**		
tentzeil dak :	1.33 m	werkzame breedte :		0.13 m
tentzeil wand :	1.33 m	werkzame breedte :		0.13 m
pvc-driehoek	0.4 m	werkzame breedte :	γm =7	0.04 m
		totaal		0.29 m

op te nemen kracht : 6 kN/m
werkzame baanbreedte : 0.29 m
Op te nemen kracht per m : **20.57** kN/m

Rd : *21.6 kN/m*
95%

Het is echter realistischer om een ongelijkmatige verdeling van de kracht over de palen te beschouwen.
De grondankers zijn ongeveer op deze verhouding voorzien, ook bij plaatsing van extra ankers.

Bij ongelijkmatige verdeling van de kracht op de zijpalen, bijvoorbeeld 50% op zijpaal die zich op de rand van de zone bevindt - en bijgevolg 25% op de overige palen, worden de resultaten de volgende :

Kracht op minst belaste zijpalen : 25%
De vorige kracht wordt nu herleid tot : 4.5 kN
werkzame baanbreedte : 0.29 m
Op te nemen kracht per m : **15.43** kN/m

Rd : *21.6 kN/m*
71% **veilig**

Kracht op palen in randzone : 50%
9 kN

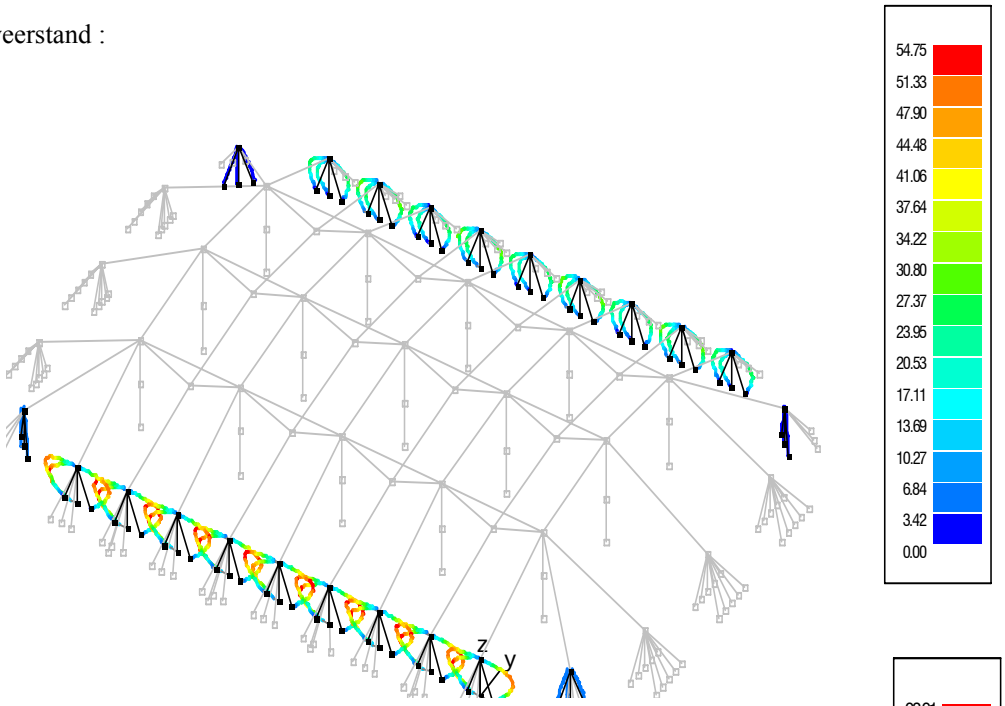
Pvc-materiaal verbonden met het steunpunt		**werkzame breedtes :**		
tentzeil dak links :	1.33 m	werkzame breedte :		0.13 m
tentzeil dak rechts :	1.33 m	werkzame breedte :		0.13 m
pvc-driehoek	0.4 m	werkzame breedte :	γm =7	0.00 m
dubbele randvouw linker vak	0.16 m	(dubbele laag met breedte 8 cm)		0.16
dubbele randvouw rechter vak	0.16 m	(dubbele laag met breedte 8 cm)		0.16
		totaal		0.57 m

op te nemen kracht : 9 kN/m
werkzame baanbreedte : 0.57 m
Op te nemen kracht per m : **15.79** kN/m

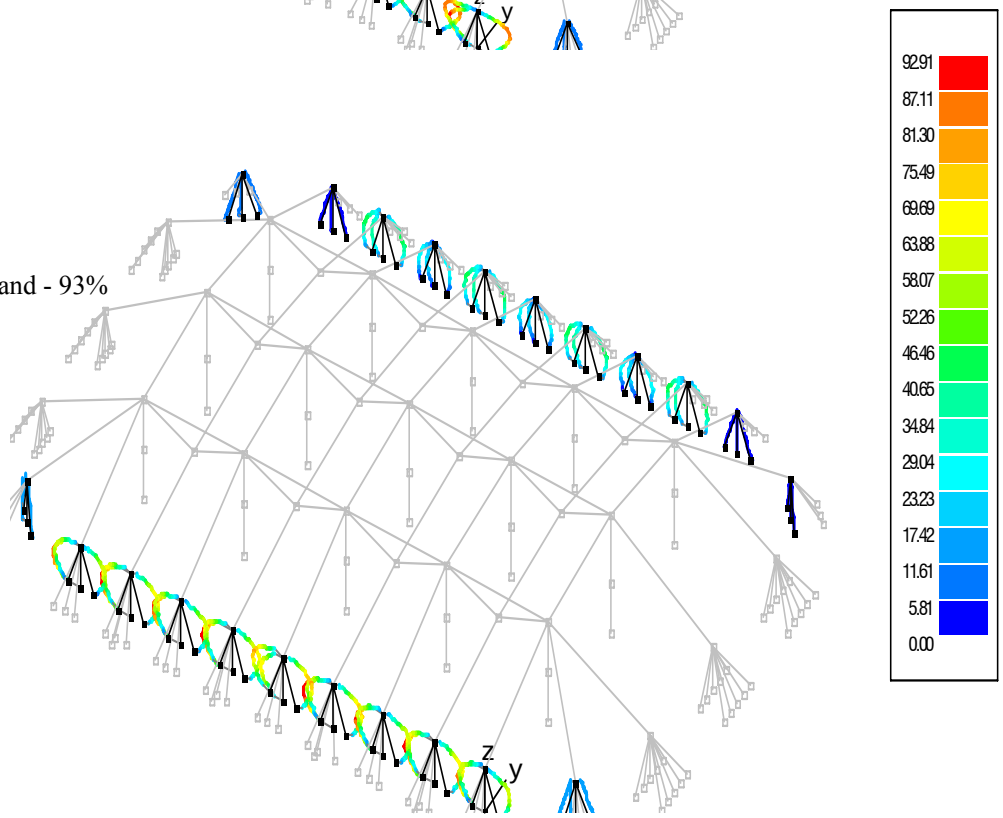
Rd : *21.6 kN/m*
73% **veilig**

Knik- en weerstandscontrole van de zijpaal in de randzone met hogere drukbelasting is afzonderlijk gesimuleerd in het rekenmodel en geeft volgende waardes (grafieken) :

materiaalweerstand :



knikweerstand - 93%



3.c- Zeildoek, middenzones tussenmodules - kabelkoppeling in nok

Op te nemen kracht : **19 kN**

Deze kracht wordt voor 80% geconcentreerd verondersteld op koppeling tussen de kabels.
Vervolgens wordt ze verdeeld over het zeildoek en over de roestvrij stalen kabel Ø8, verhouding 1/3 - 2/3.

Zeildoek : 33% 80%
5.0 kN

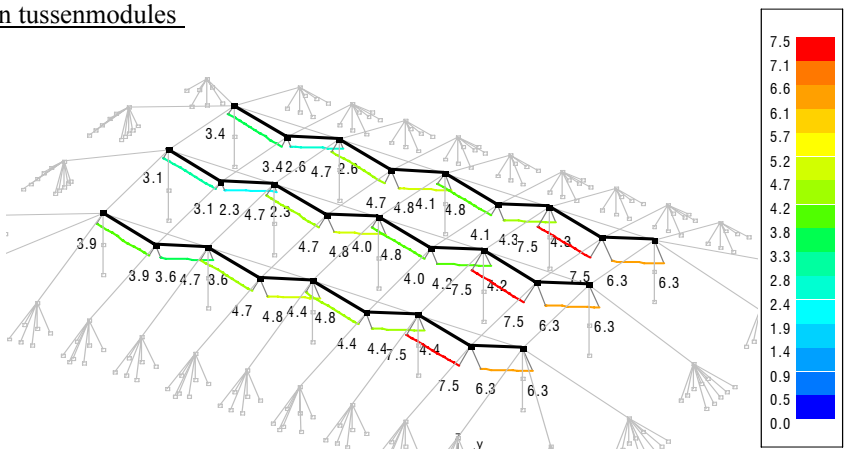
Pvc-materiaal verbonden met het steunpunt		**werkzame breedtes :**		
tentzeil :	4 m	werkzame breedte :		0.12 m
onderstrip :	0.12 m	werkzame breedte :		0.12 m
bovenstrip	0.12 m	werkzame breedte :	γm =7	0.12 m
		totaal		0.36 m

op te nemen kracht :	5.0	kN/m
werkzame baanbreedte :	0.36	m
Op te nemen kracht per m :	**13.93**	kN/m
Rd :	*21.6*	*kN/m*
	65%	**veilig**

Kabel : 67% 80% **10.2** kN

Rd :	*25*	*kN/m*
	41%	**veilig**

3.d- Zeildoek, dwarsversterking in tussenmodules



Op te nemen kracht : **7.5 kN**

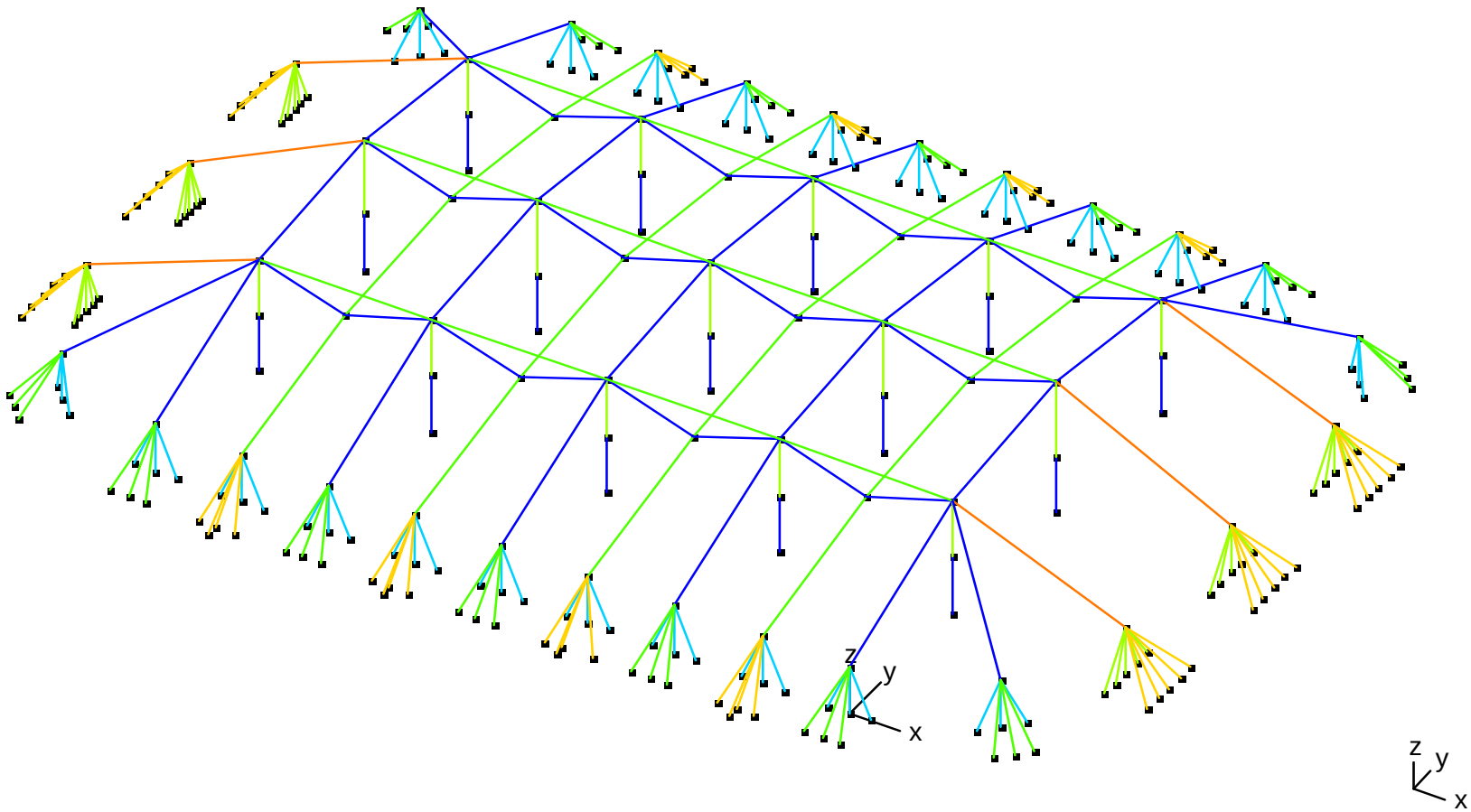
Deze kracht wordt voor 80% geconcentreerd verondersteld op de stalen versterkingsplaat ter hoogte van de masten.

	80%	
Kracht op steunpunt :	6	kN

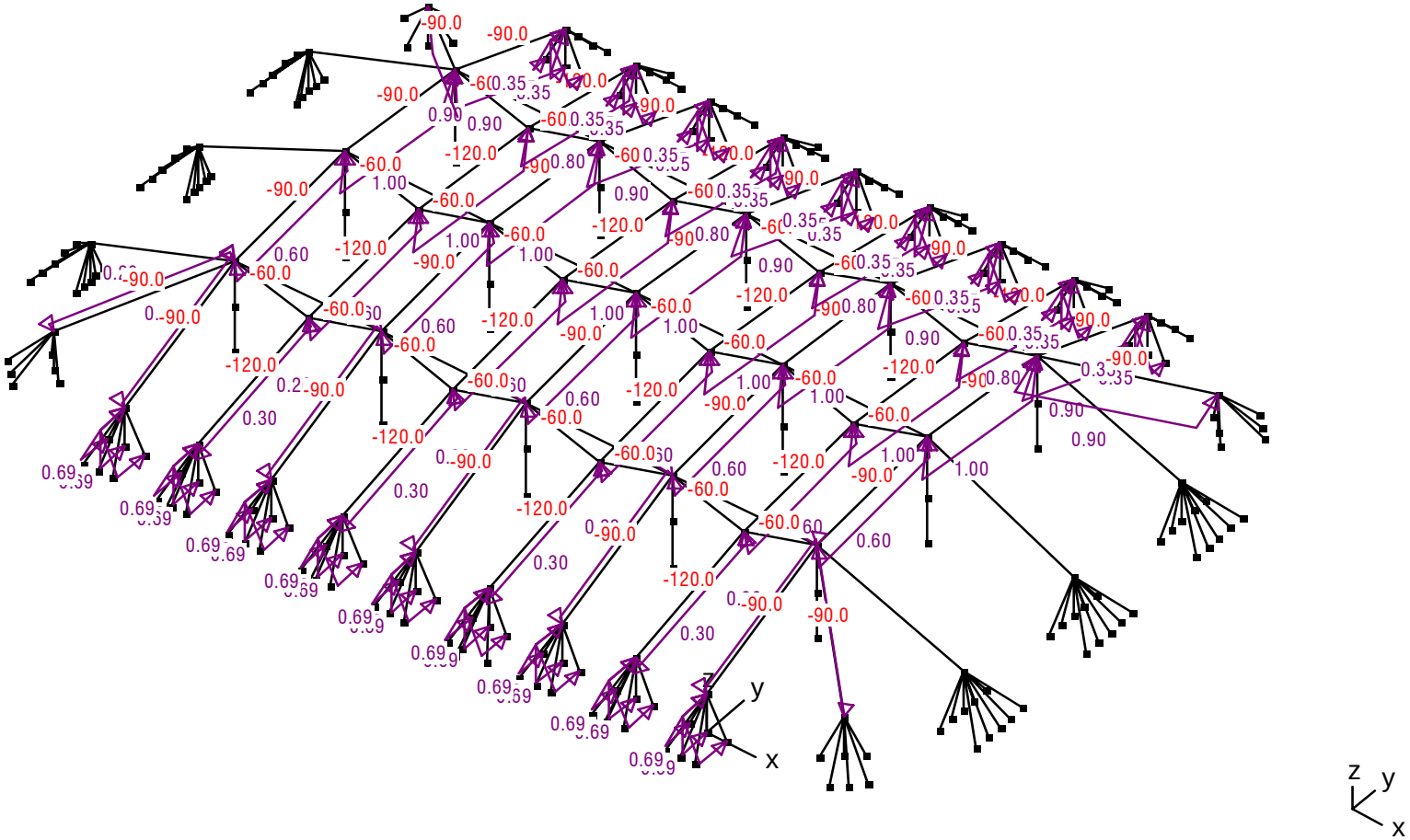
Pvc-materiaal verbonden met het steunpunt			**werkzame breedtes :**			
tentzeil :	4	m	werkzame breedte :		0.13	m
halfronde hoekversterking	1	m	werkzame breedte :	γm =7	0.04	m
onderstrip :	0.2	m	werkzame breedte :		0.13	m
bovenstrip	0.08	m	werkzame breedte :		0.08	m
			totaal		0.37	m

op te nemen kracht :	6.0	kN/m
werkzame baanbreedte :	0.37	m
Op te nemen kracht per m :	**16.14**	kN/m
Rd :	*21.6*	*kN/m*
	75%	**veilig**

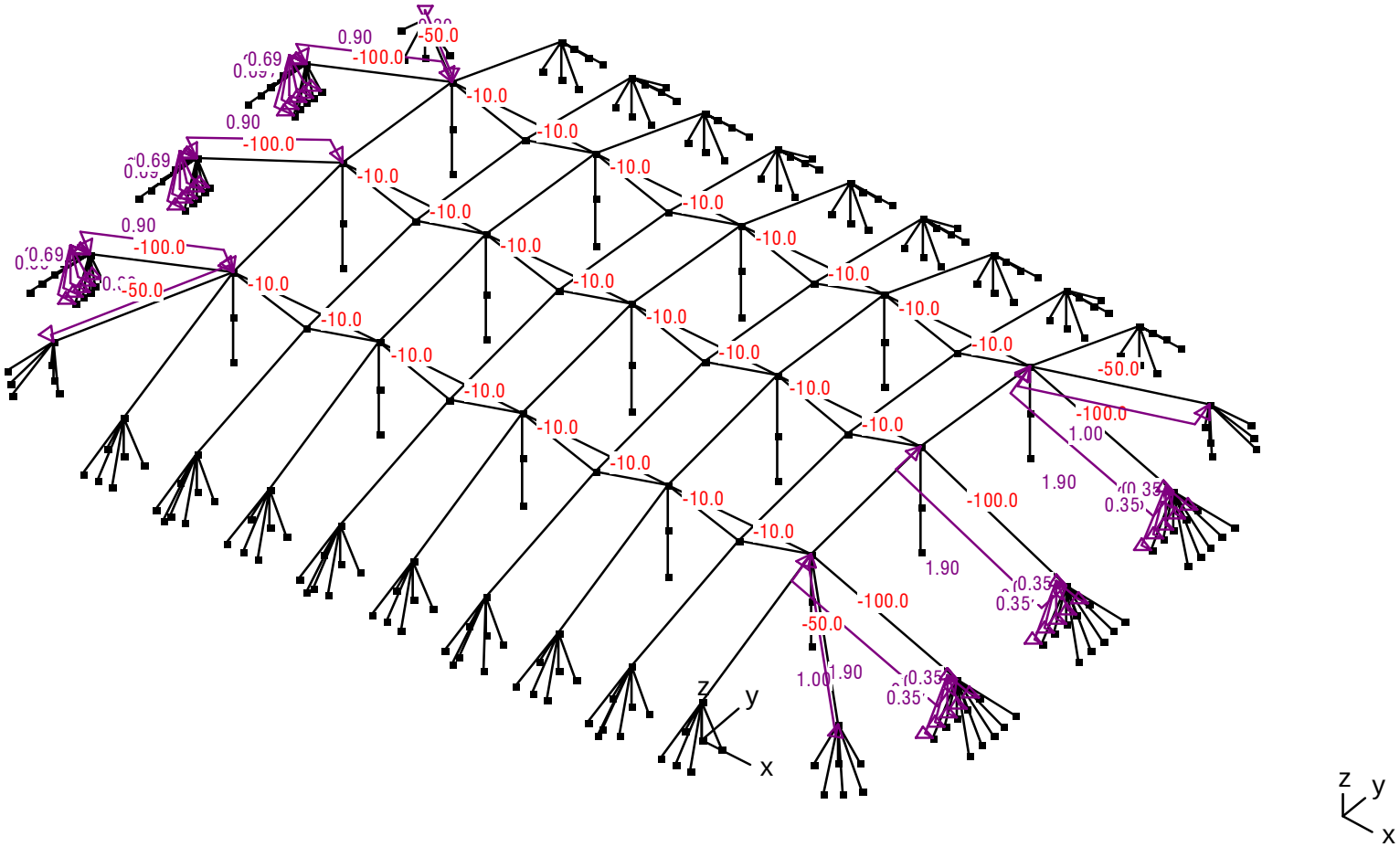
GEOMETRIE REKENMODEL



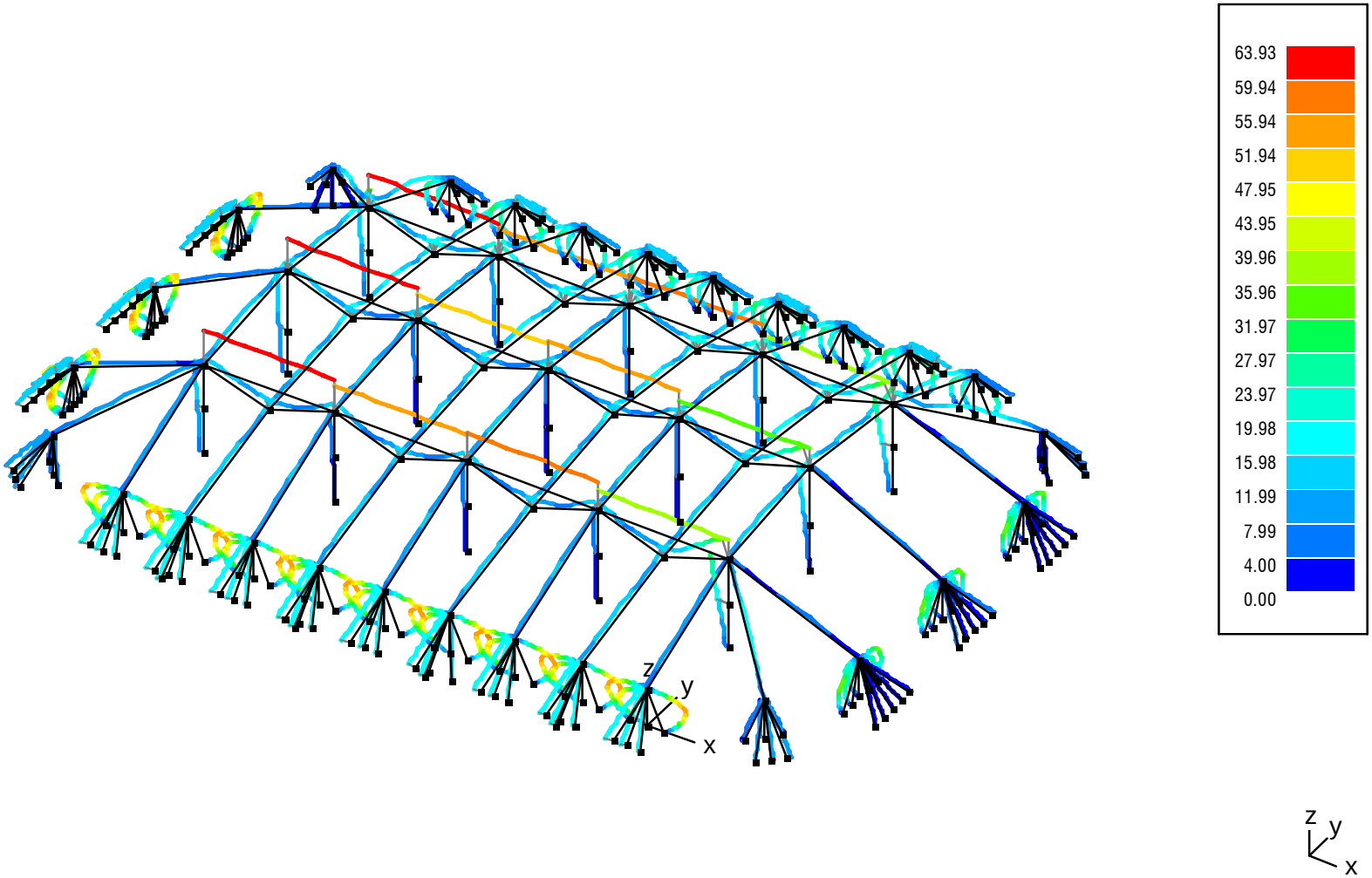
WINDLAST in dwarsrichting



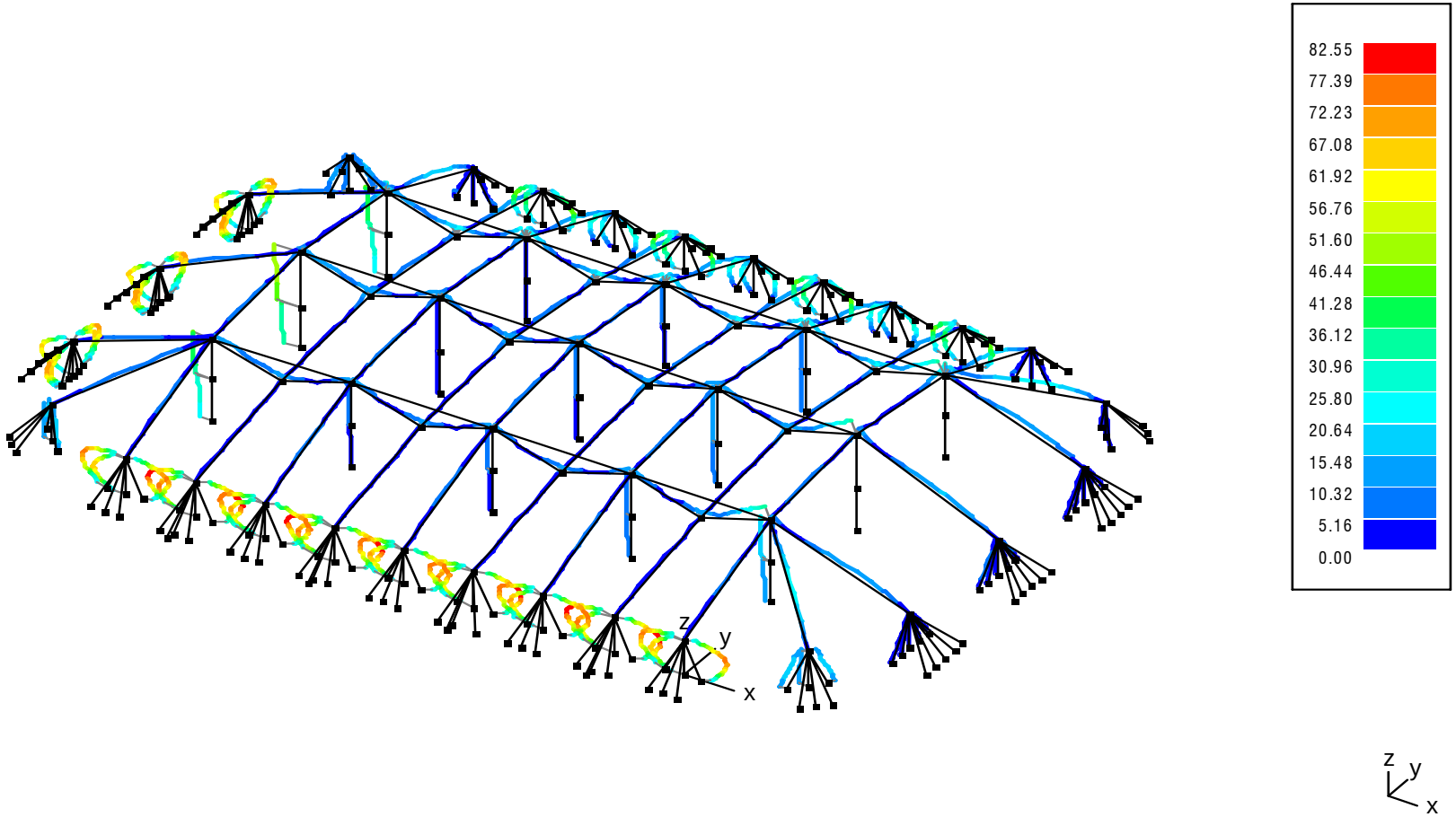
WINDLAST in langsrichting



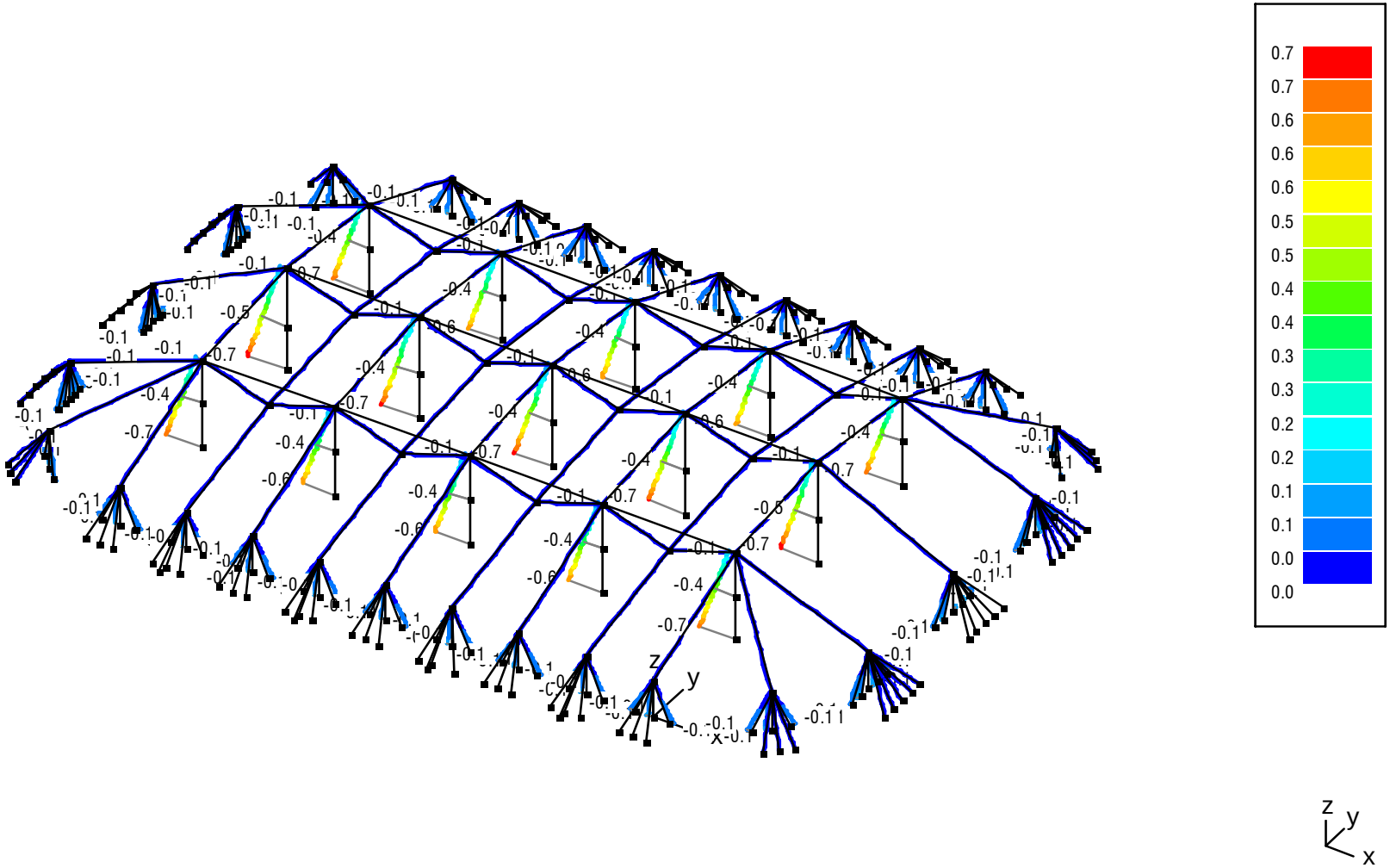
MATERIAALWEERSTAND



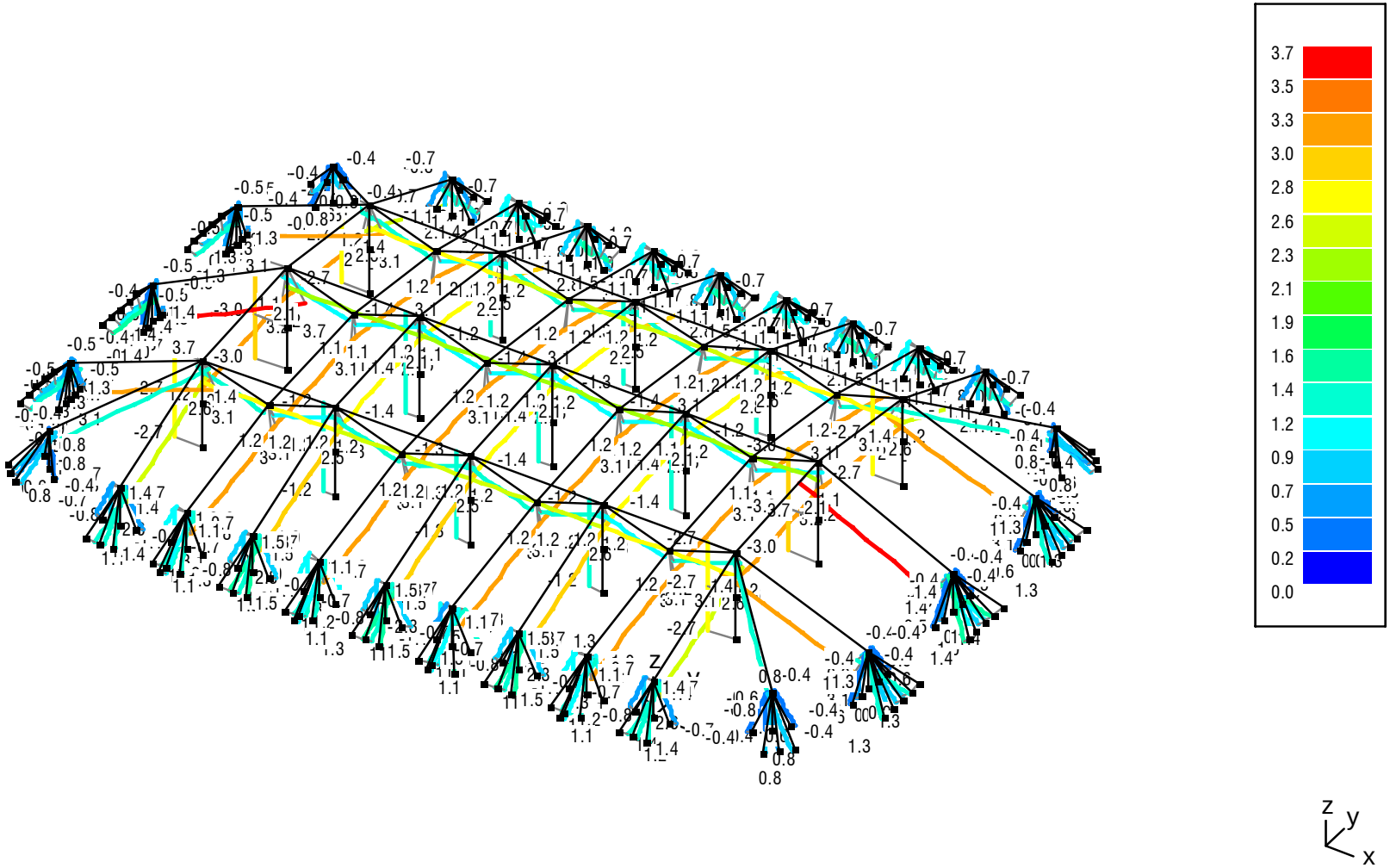
KNIKCONTROLE (masten en zijpalen)



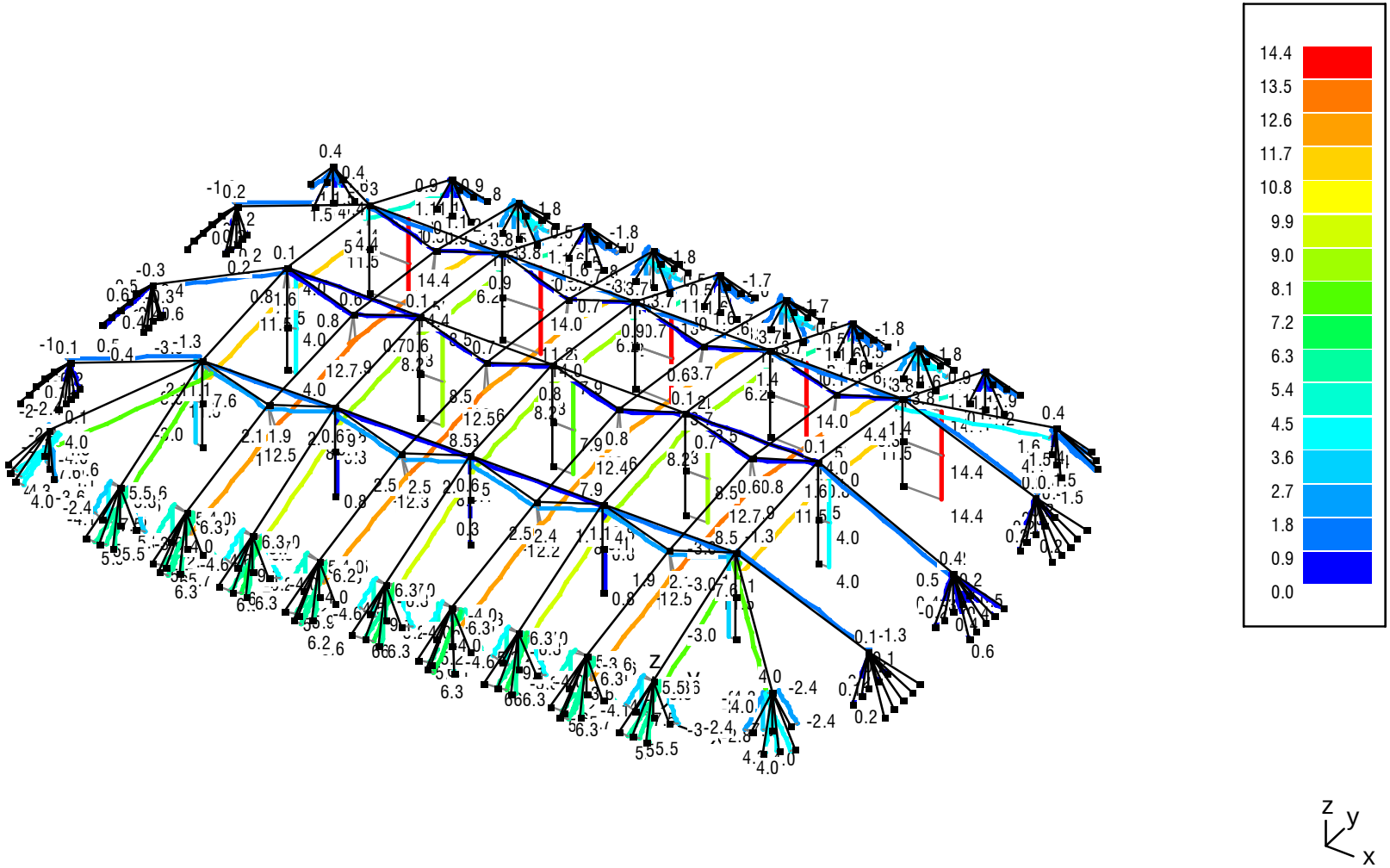
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bg Eigengewicht



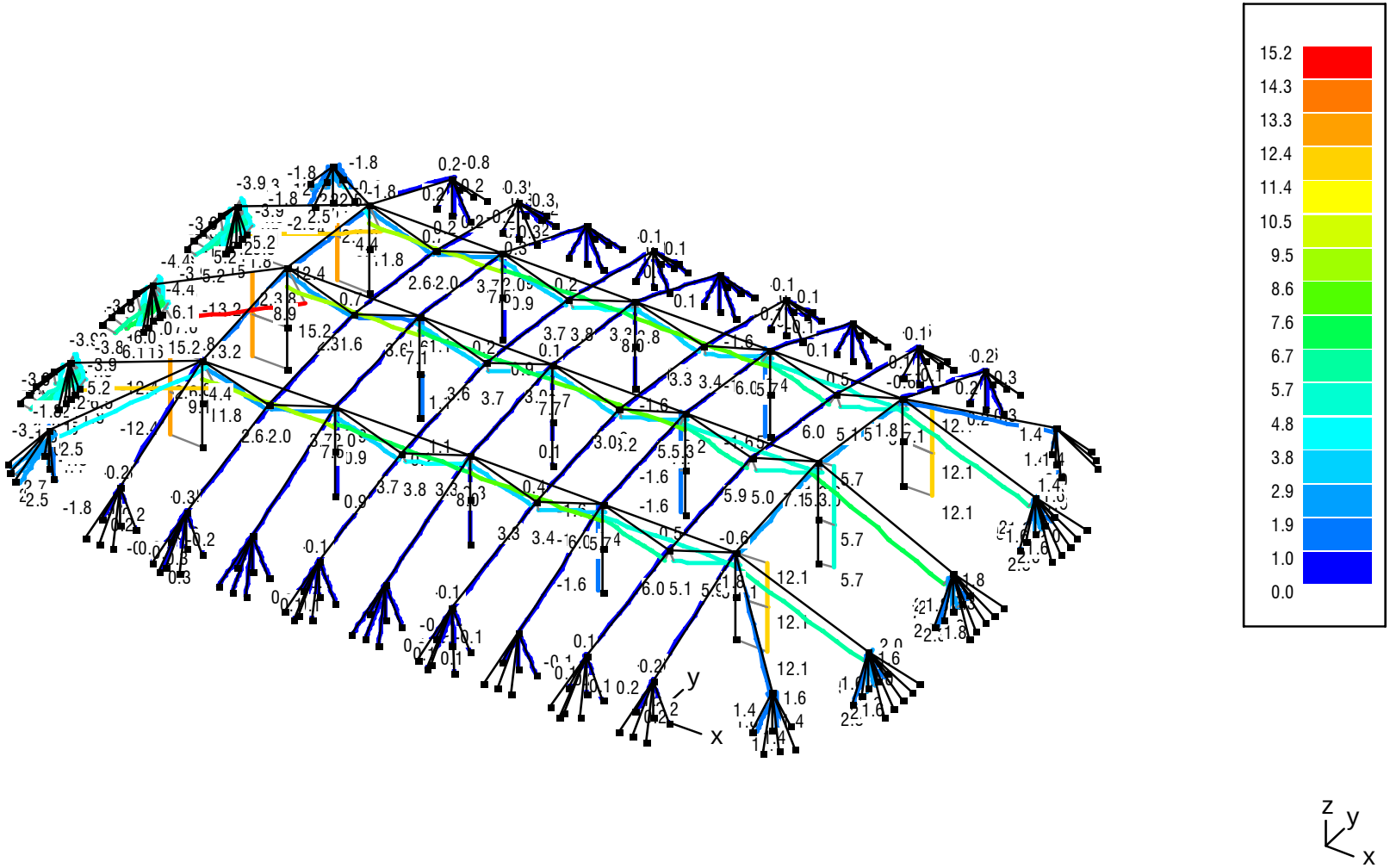
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bg Opspanning (naspanning)



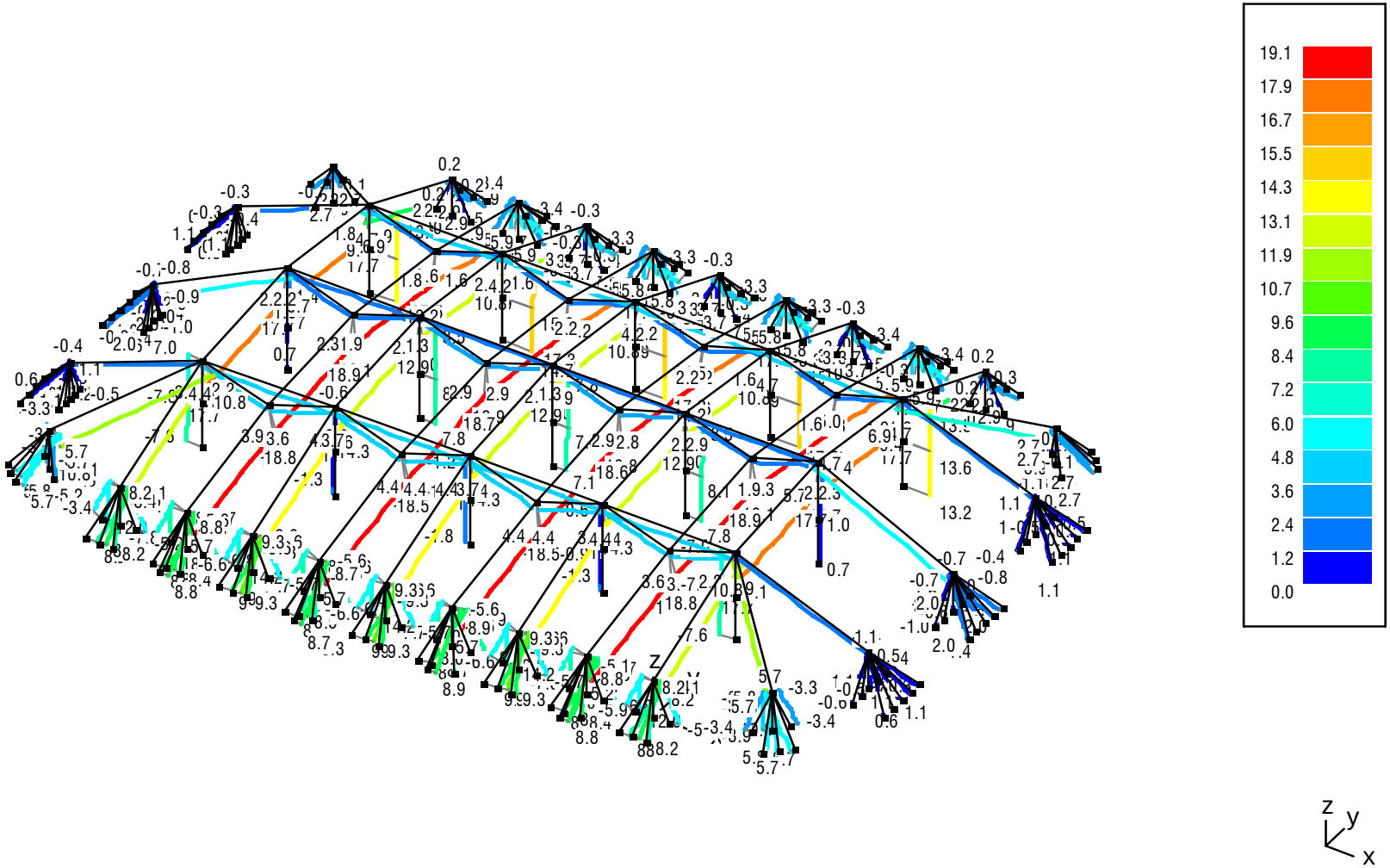
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bg Wind dwars



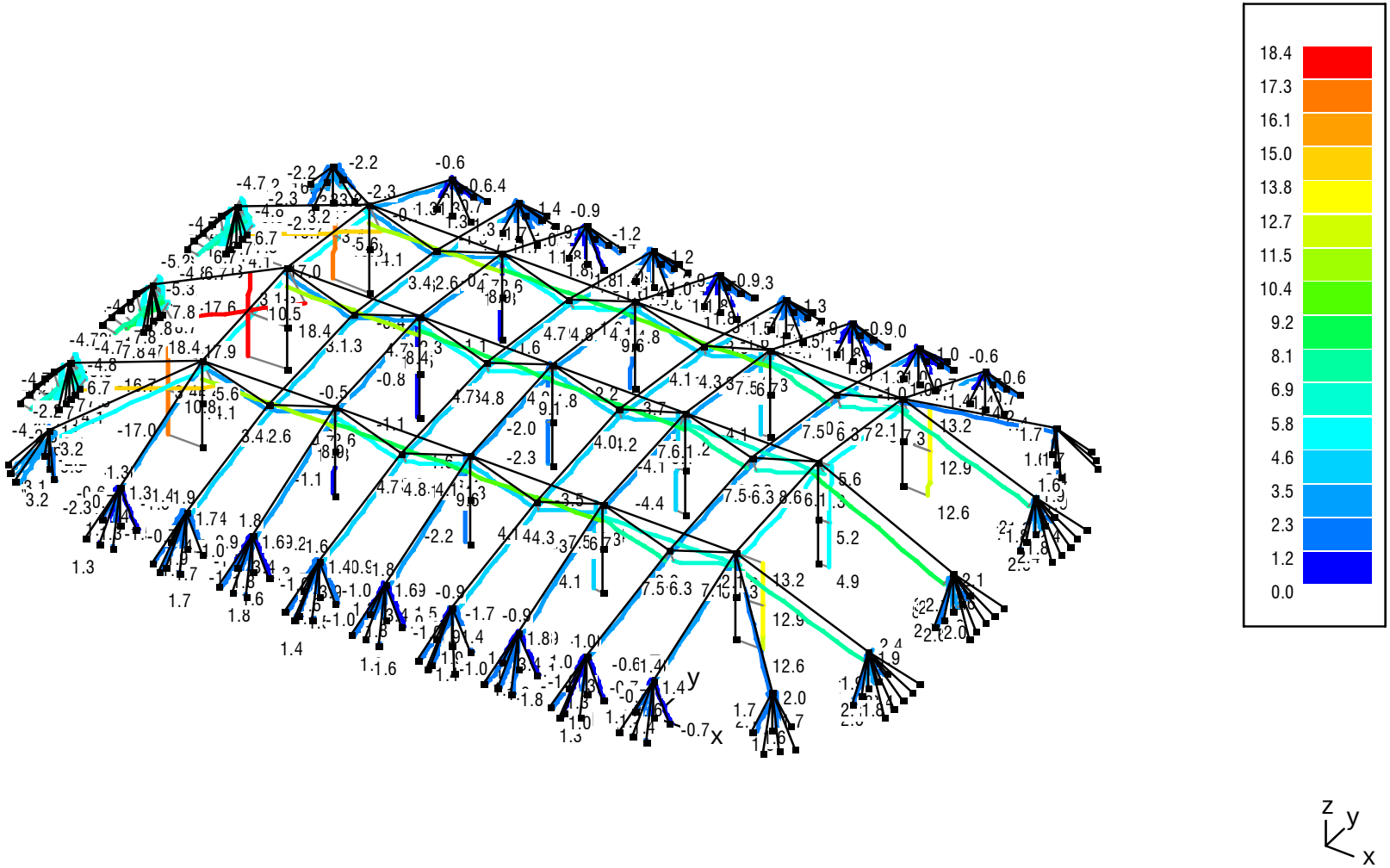
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bg Wind langs



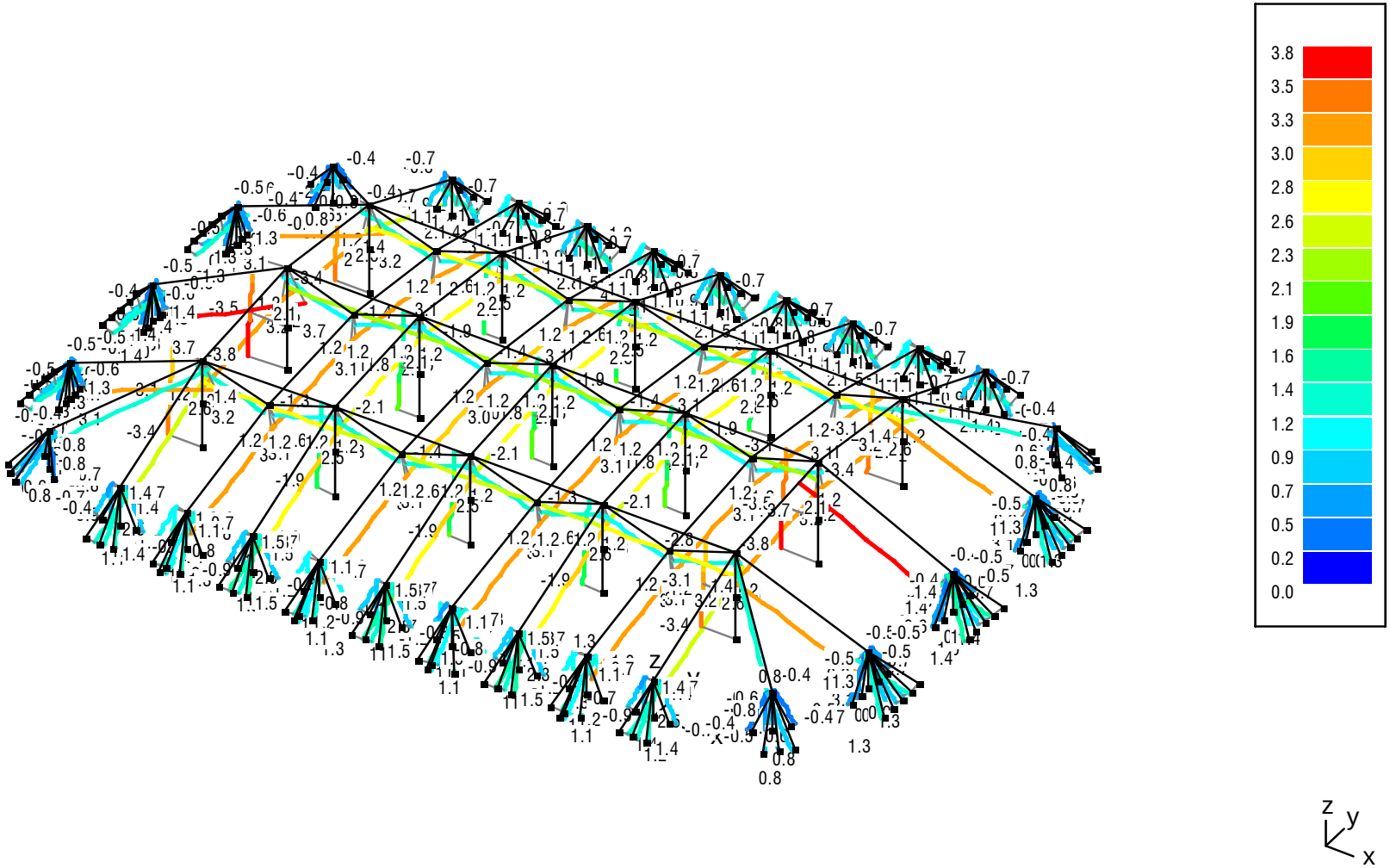
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bc UGT1- Eg, Os, Wd



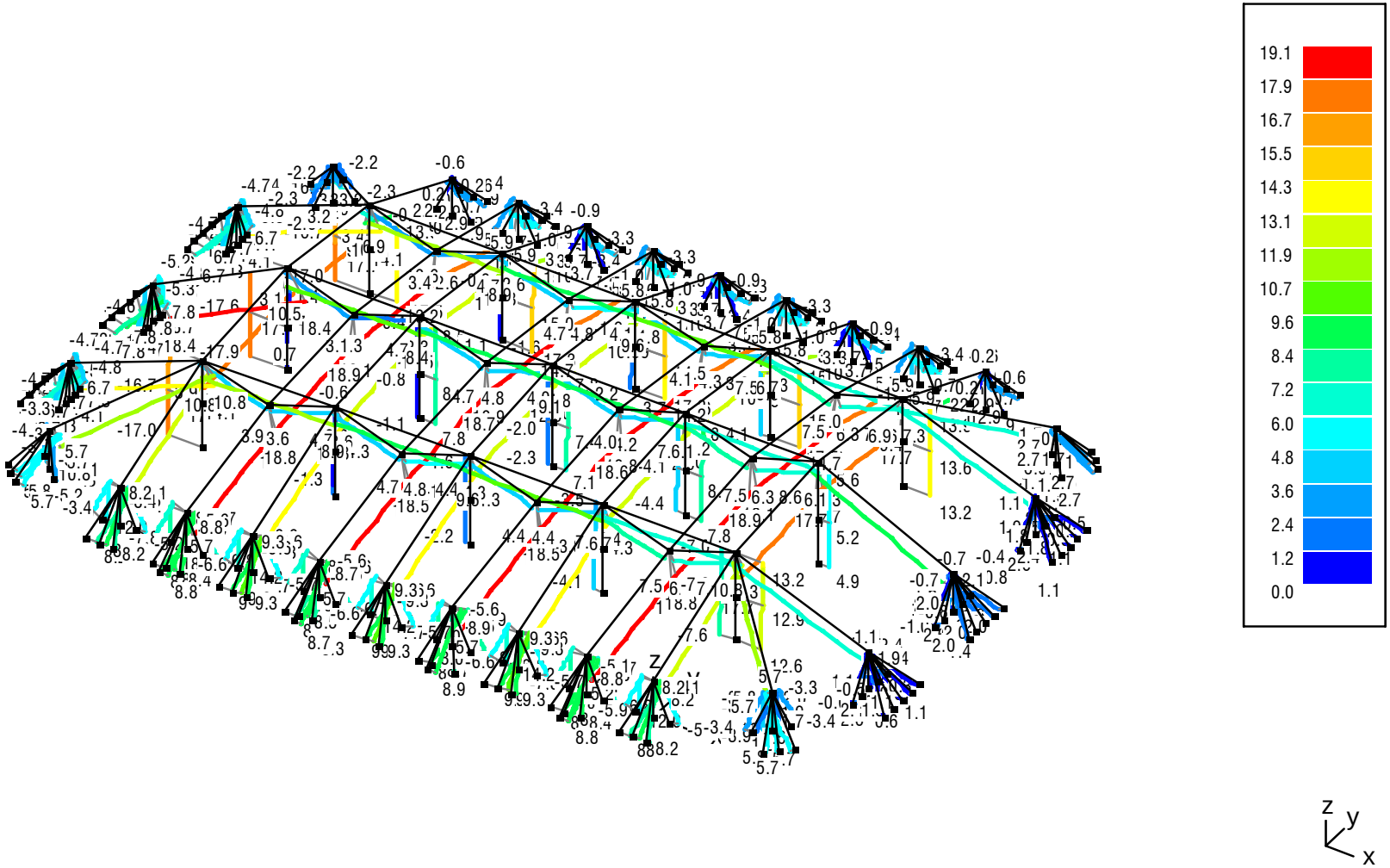
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bc UGT2- Eg, Os, Wl



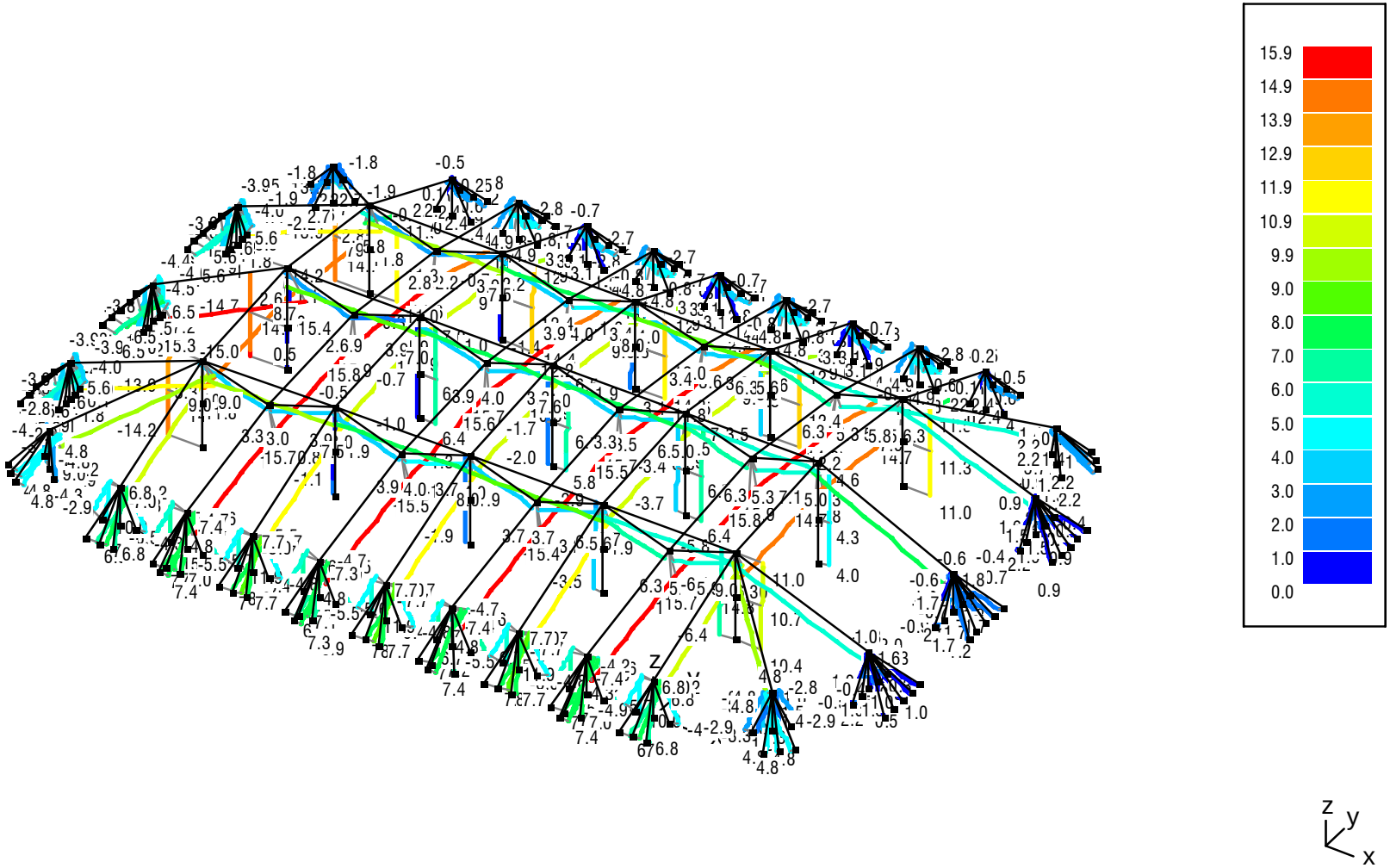
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bc GGTQp- Eg, Os



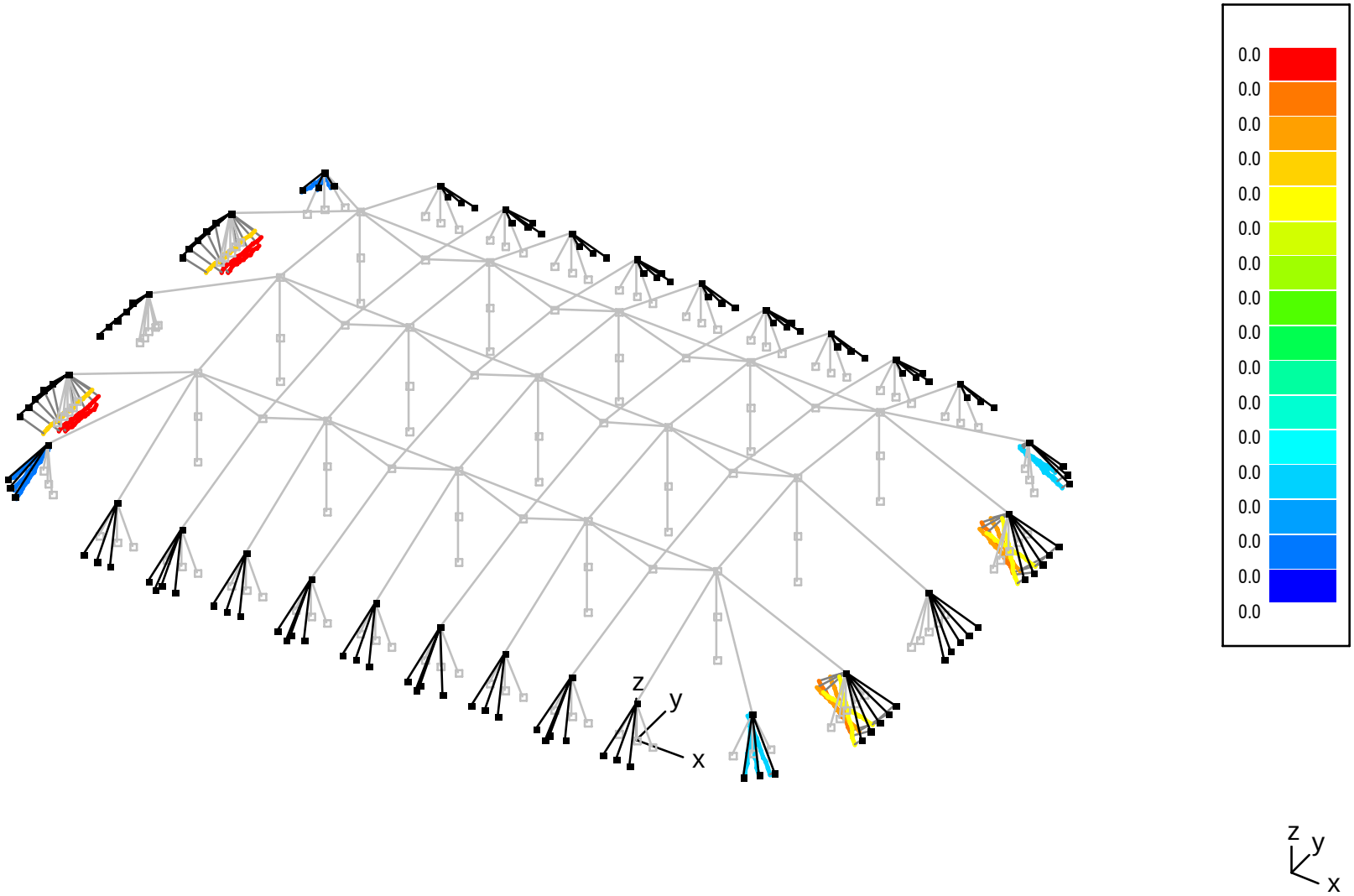
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bc UGT - omhullende



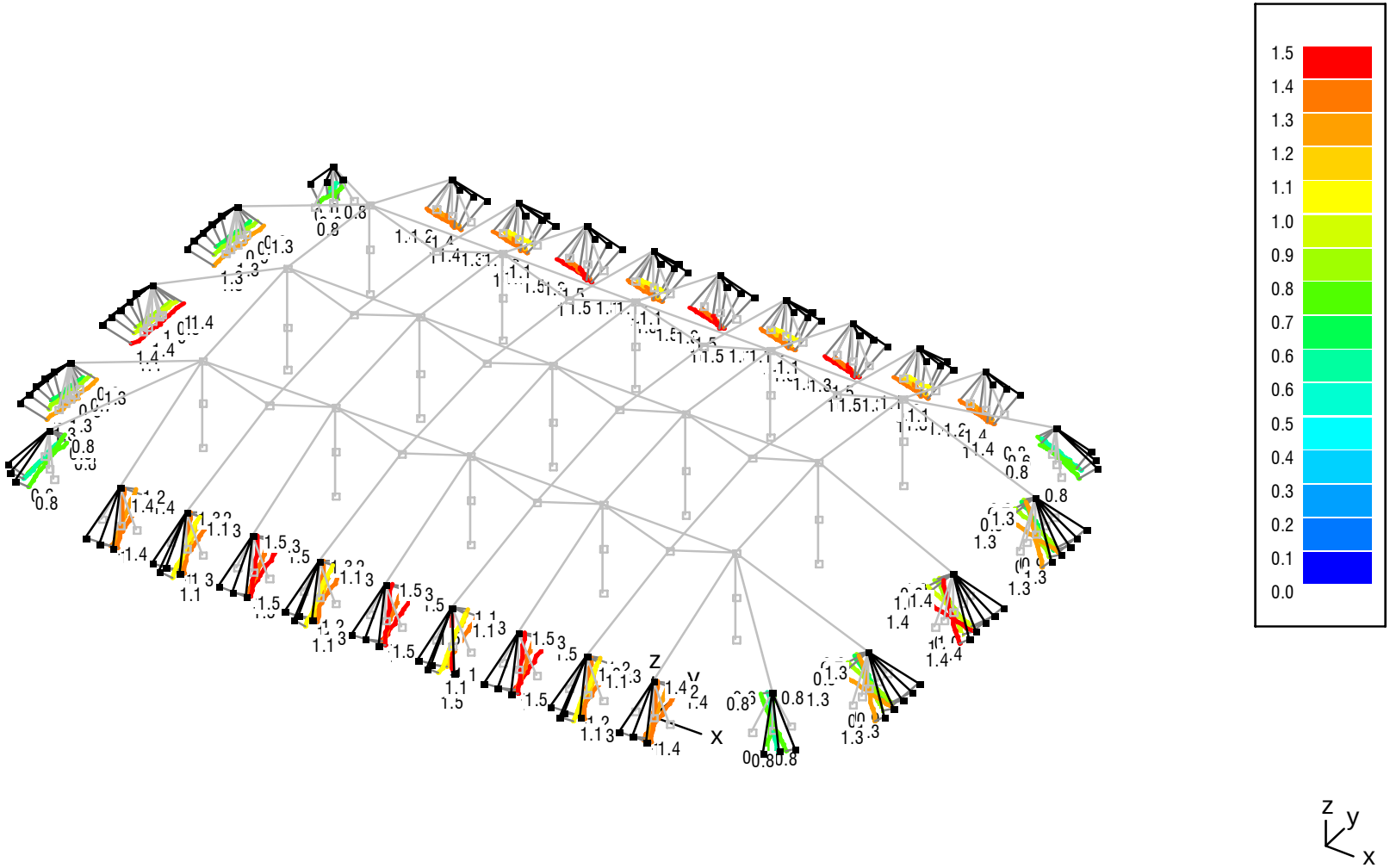
NORMAALKRACHTEN (overzicht) - bc GGTZC - omhullende



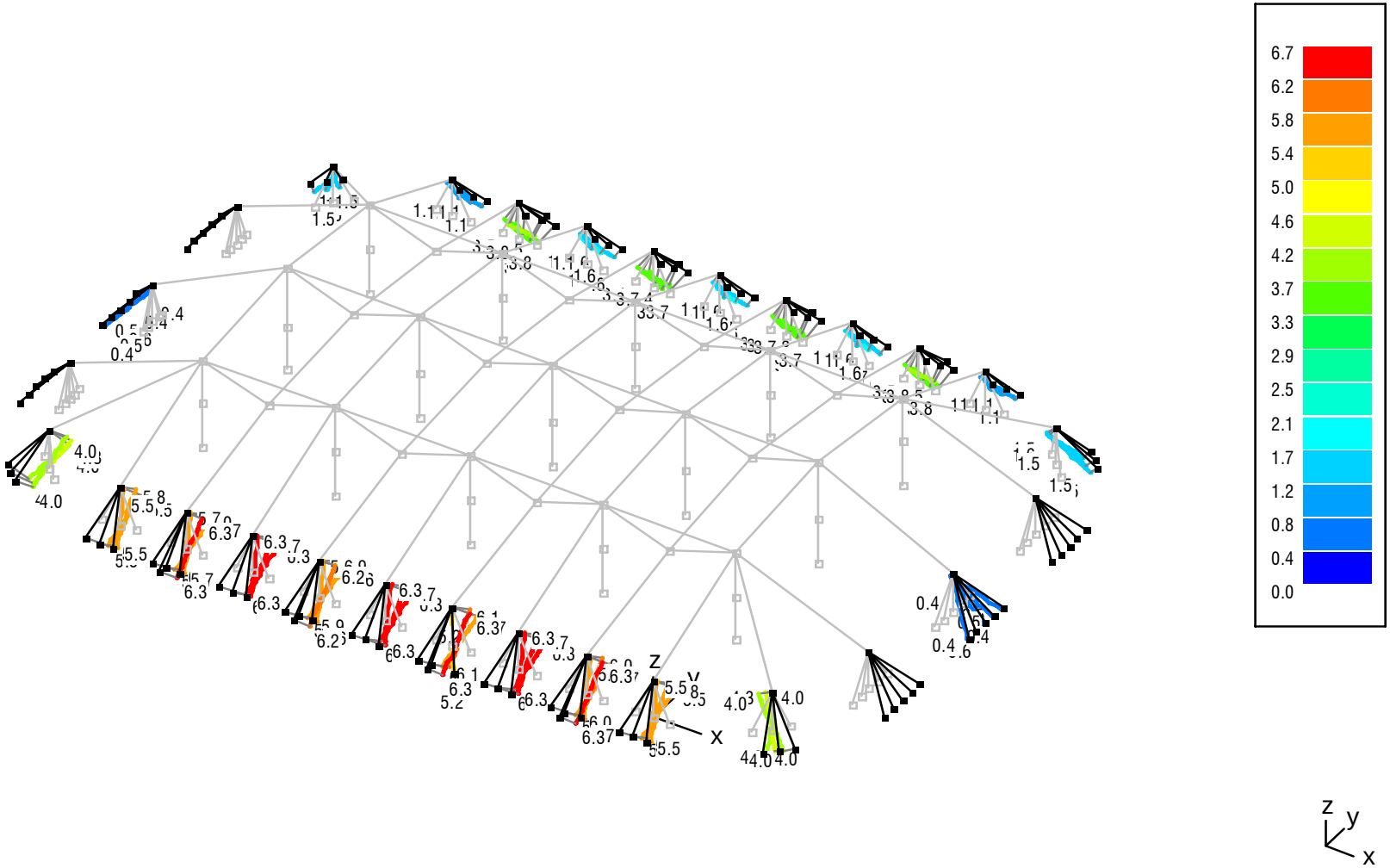
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bg Opspanning (eigengewicht)



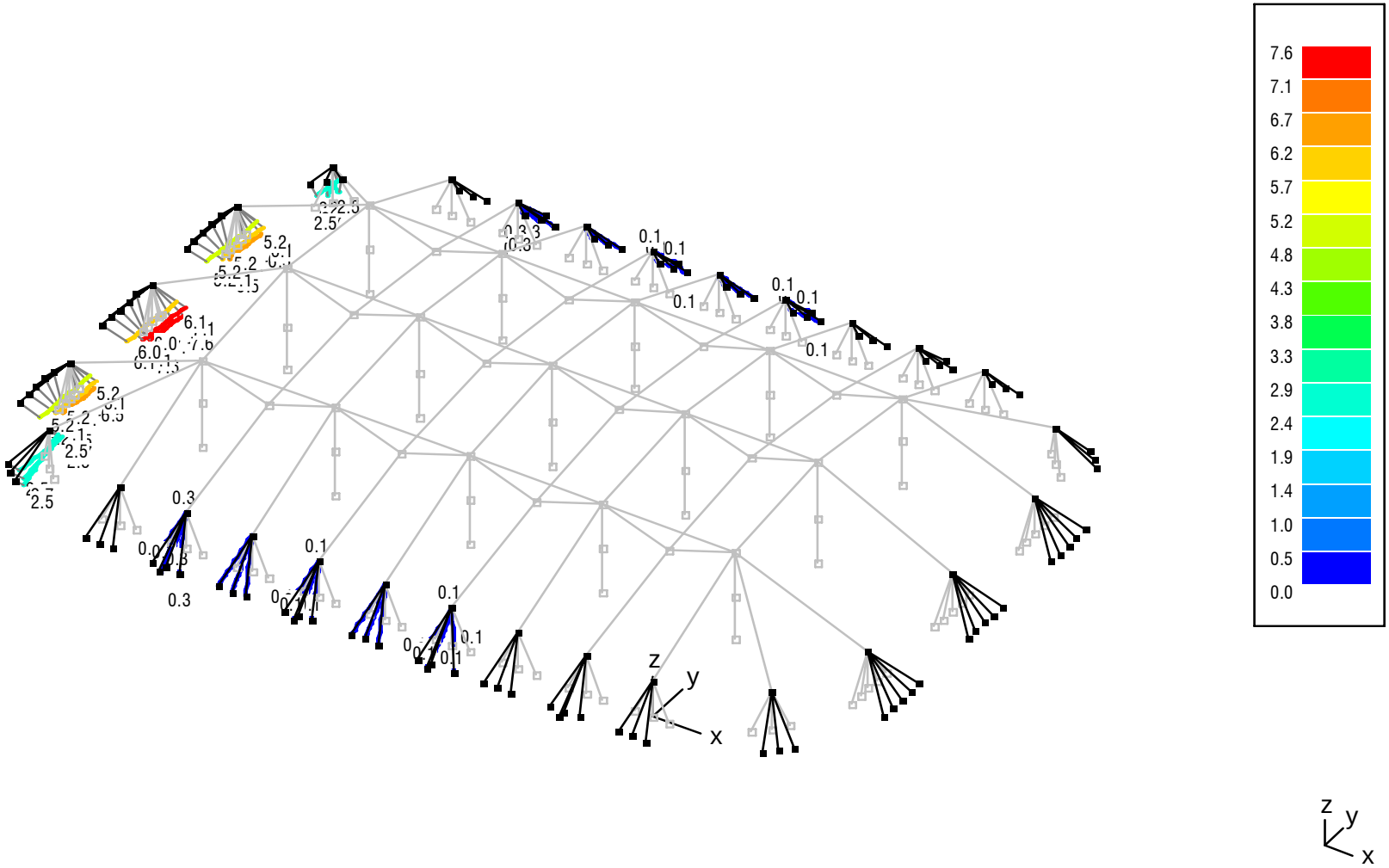
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bg Opspanning (naspanning)



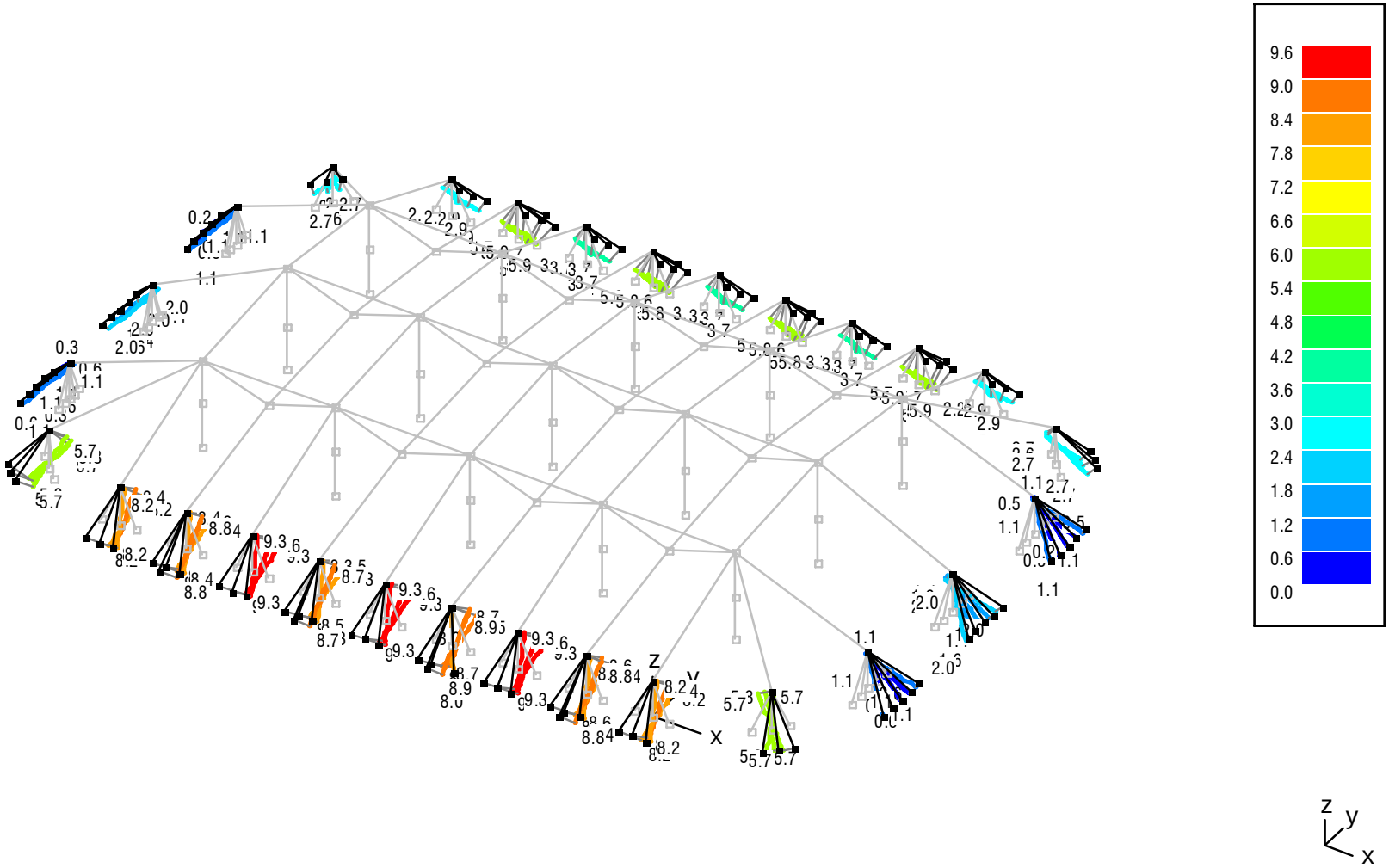
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bg Wind dwars



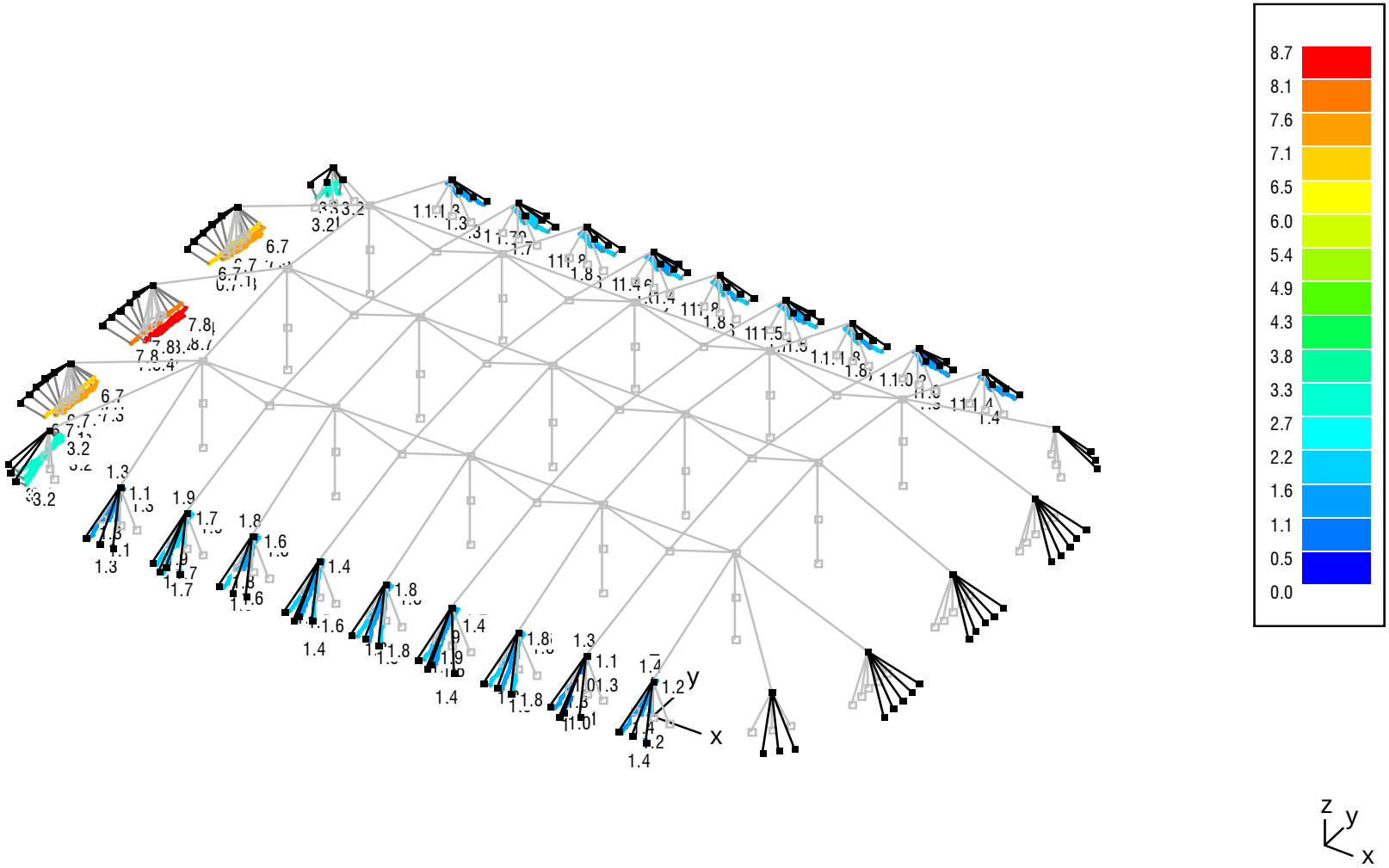
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bg Wind langs



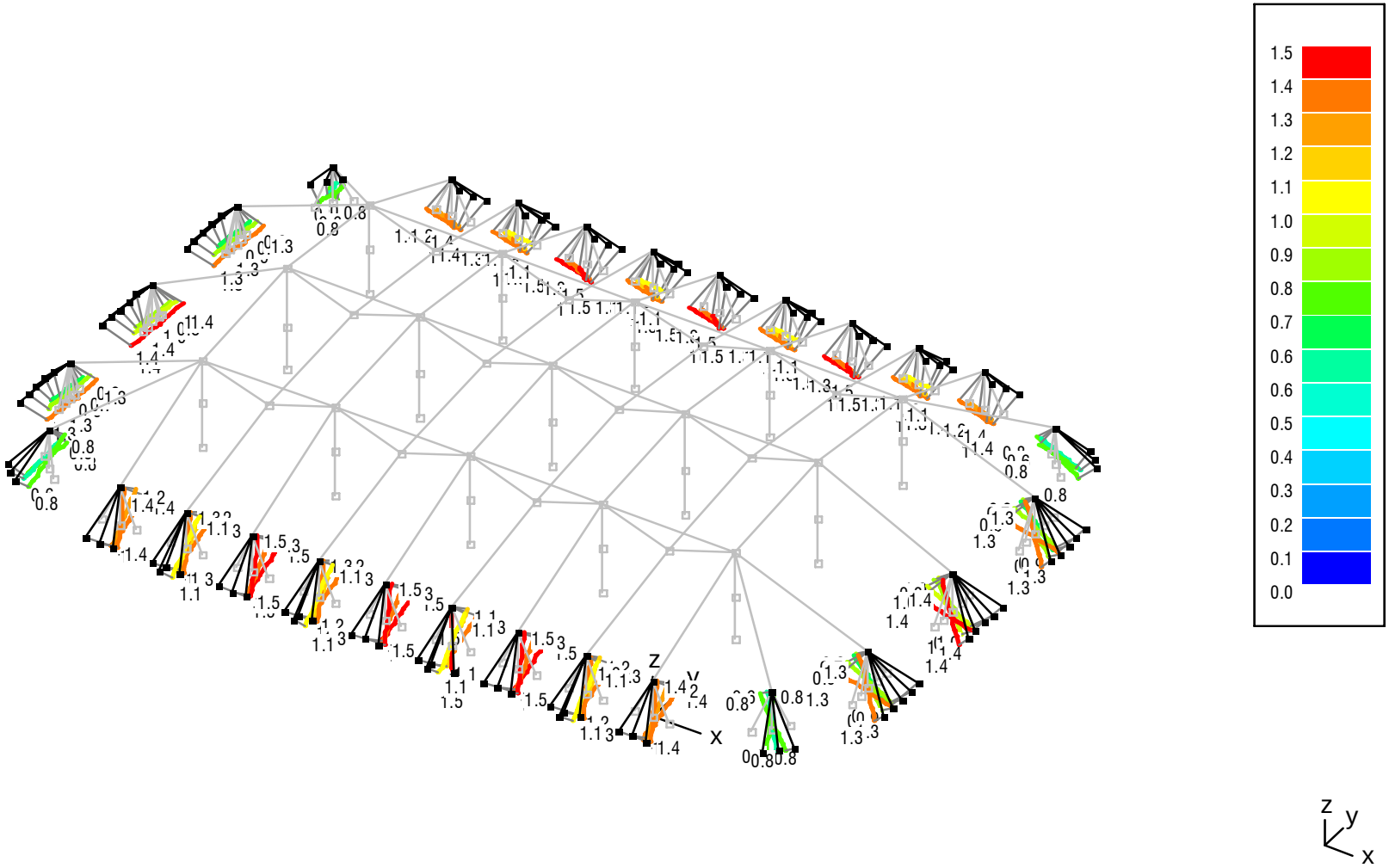
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bc UGT1- Eg, Os, Wd



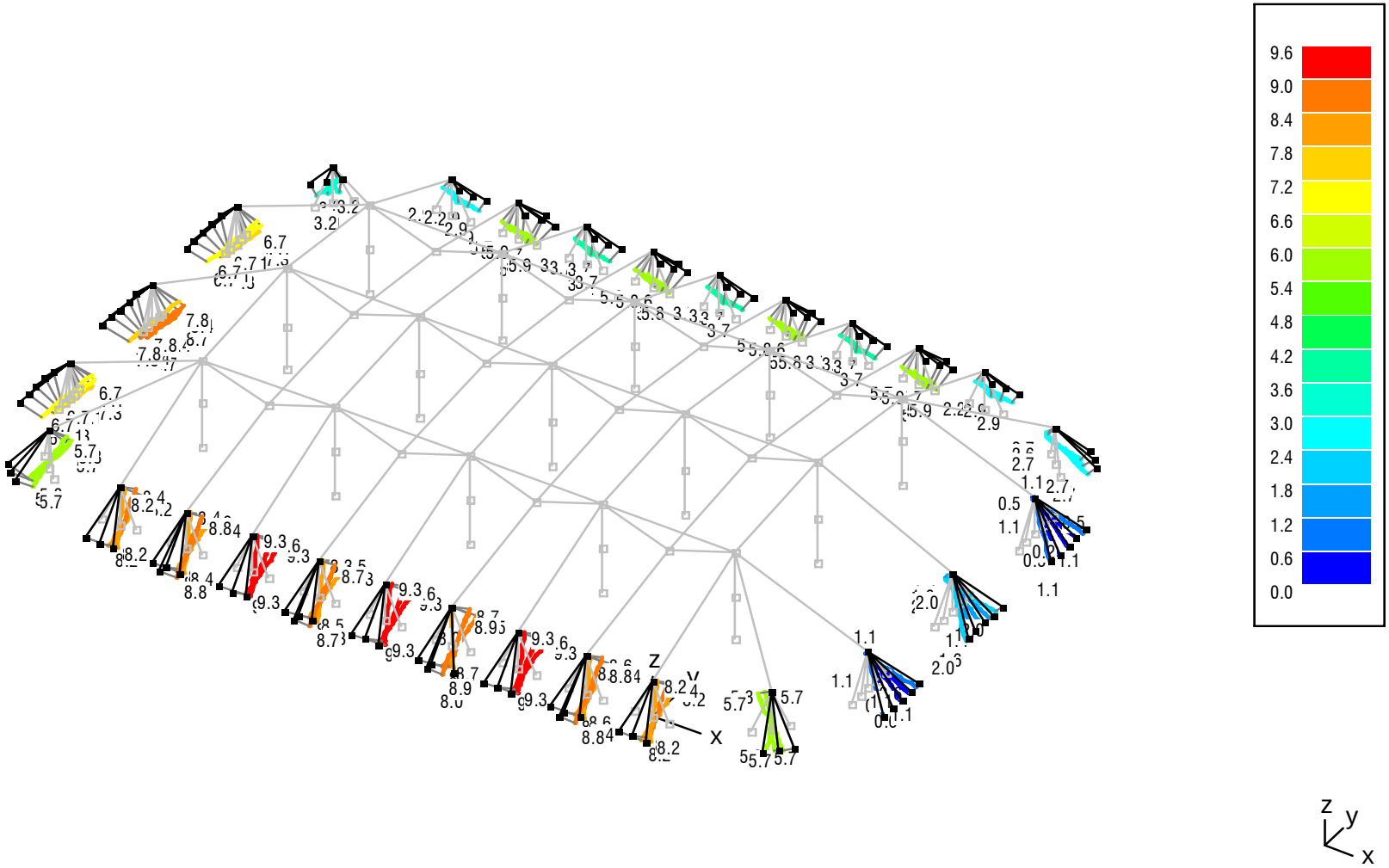
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bc UGT2- Eg, Os, WD



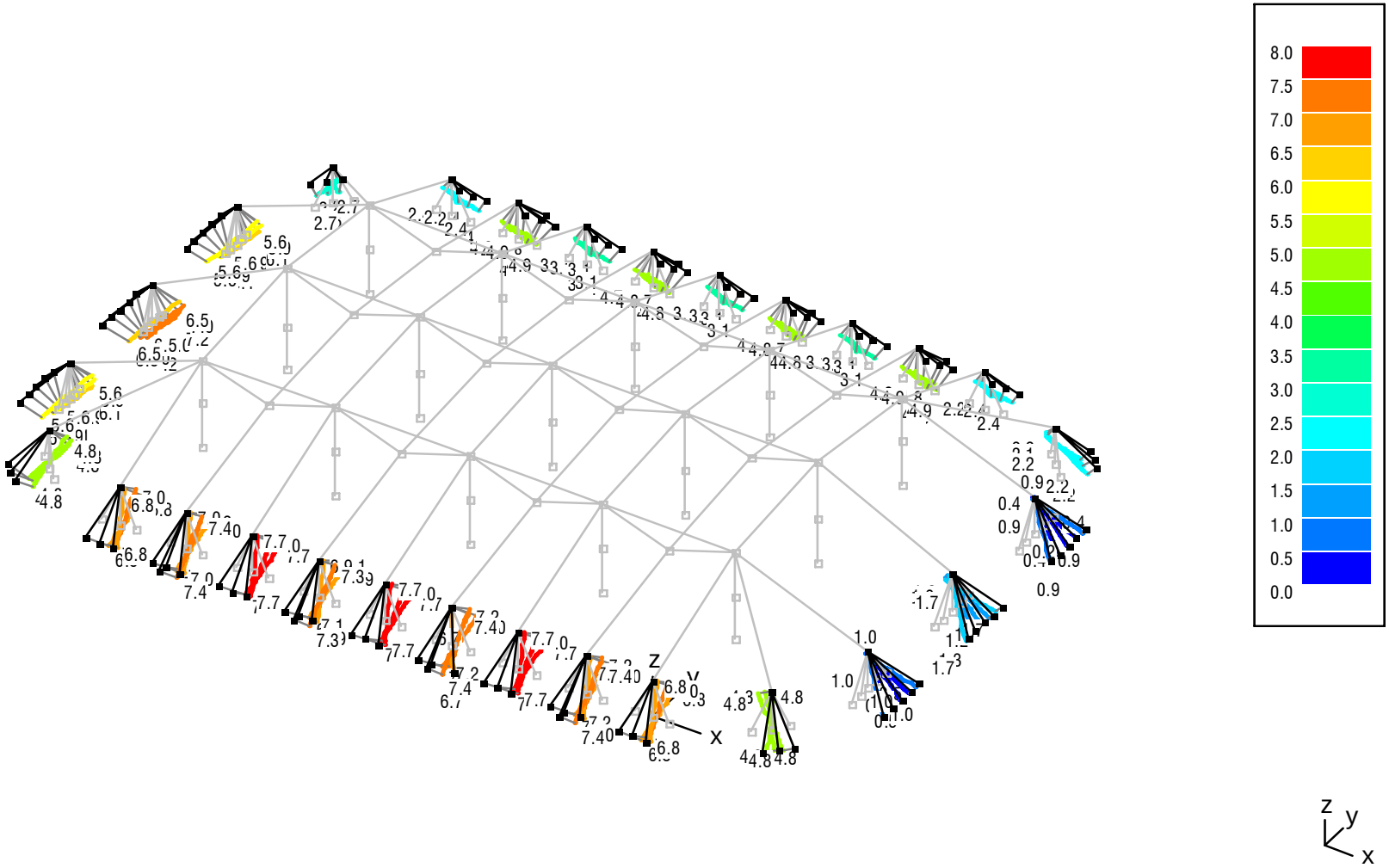
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bc GGTQp- Eg, Os



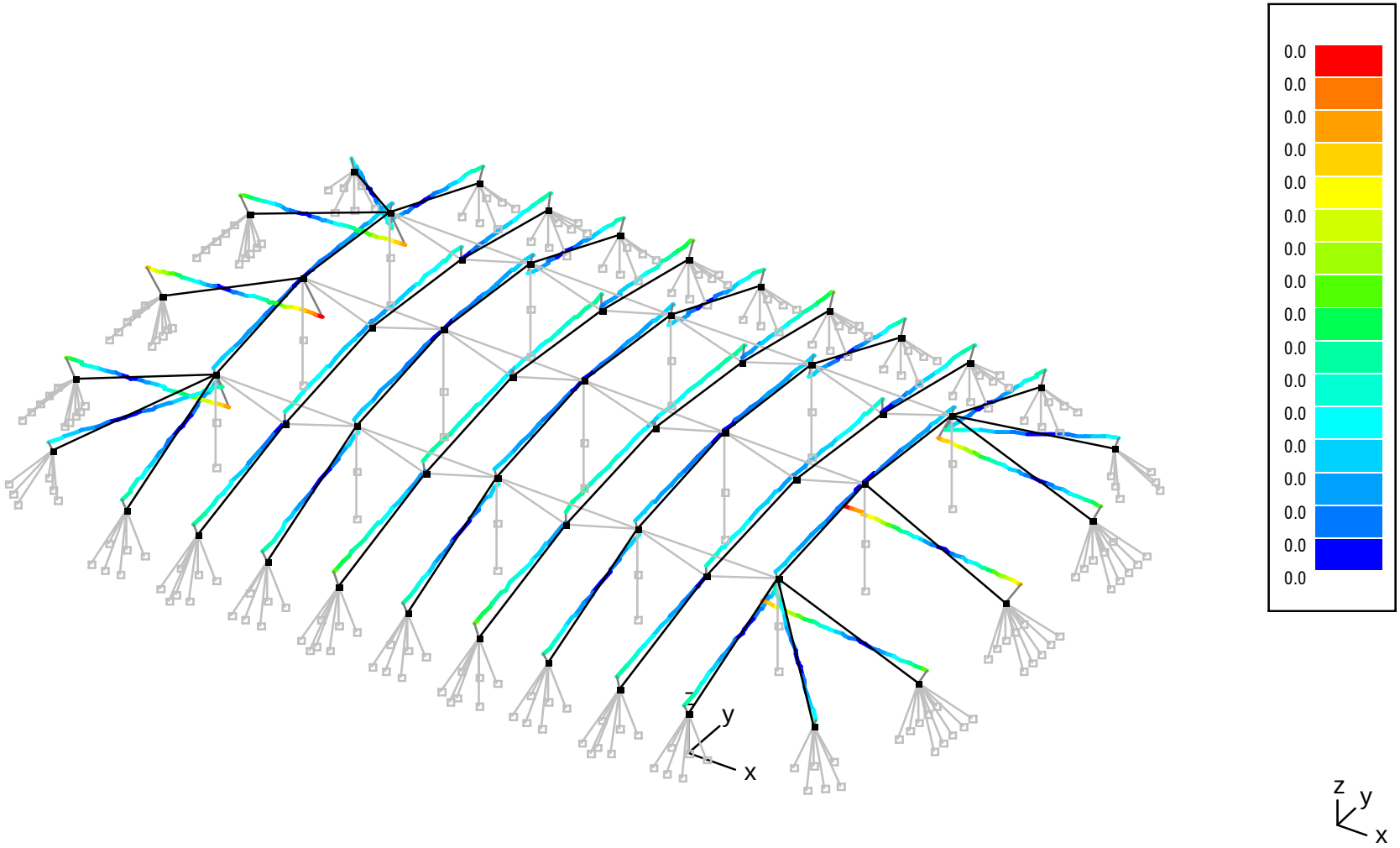
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bc UGT - omhullende



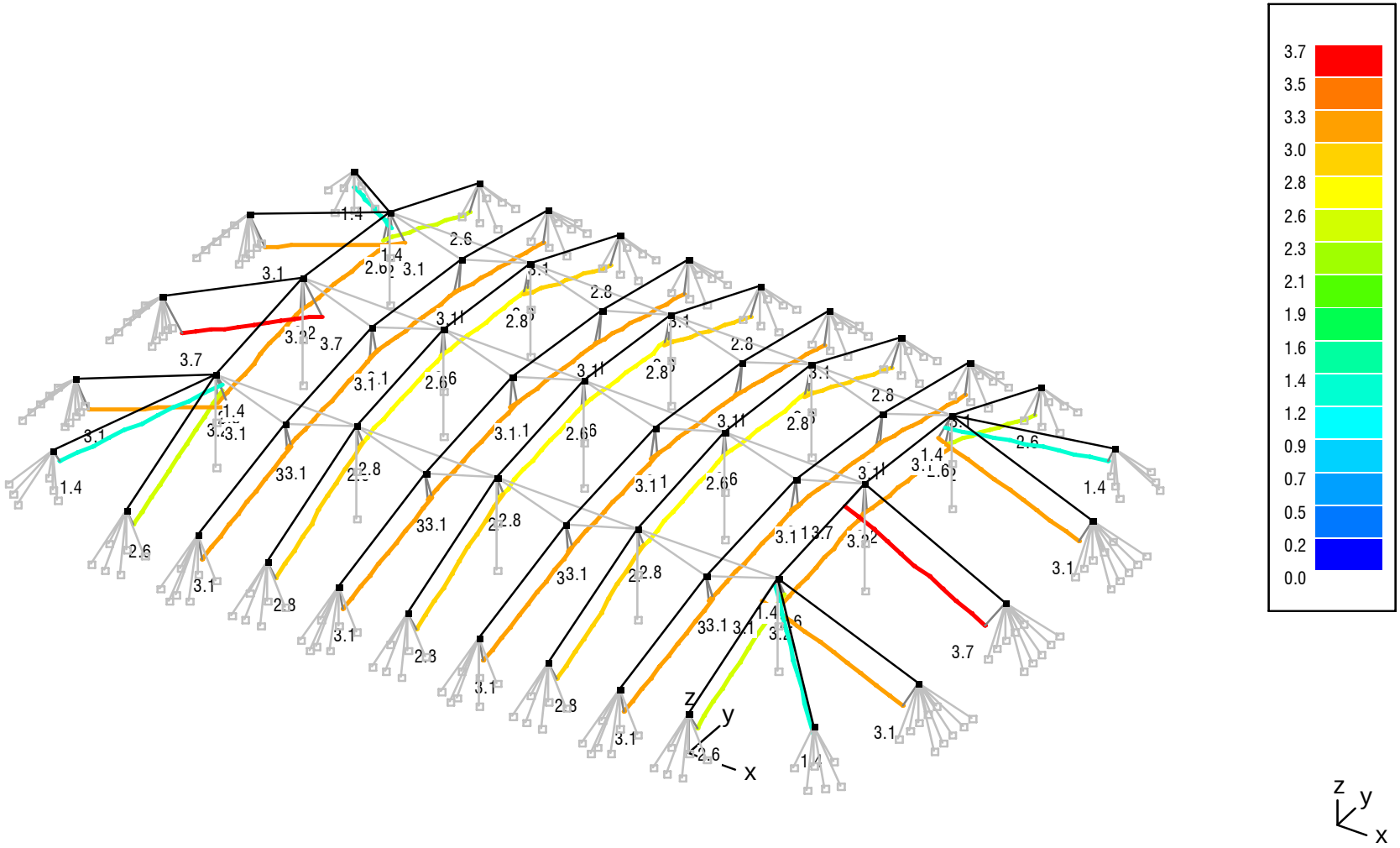
NORMAALKRACHTEN (SPANBANDEN) - bc GGTZC - omhullende



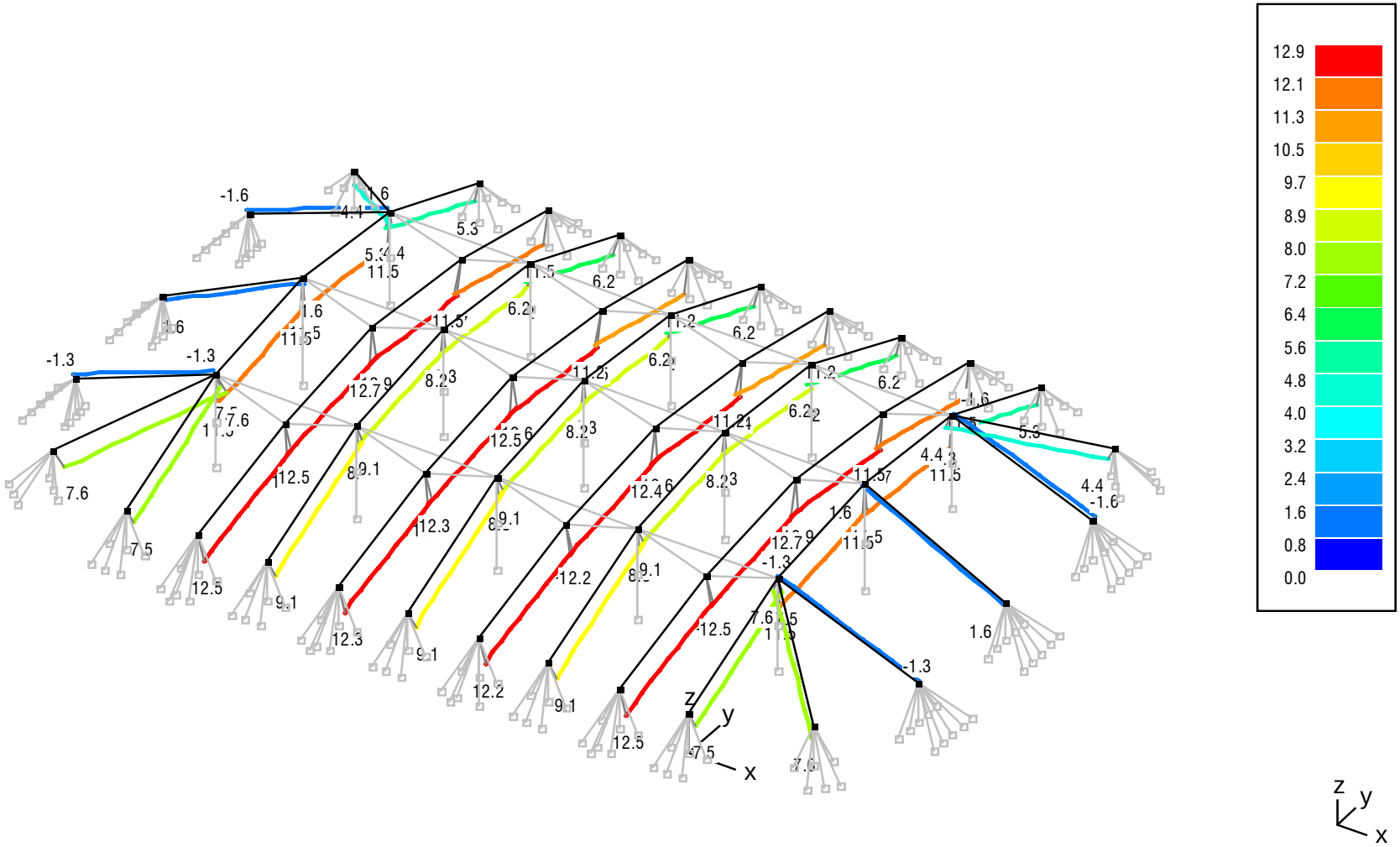
NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bg Opspanning (eigengewicht)



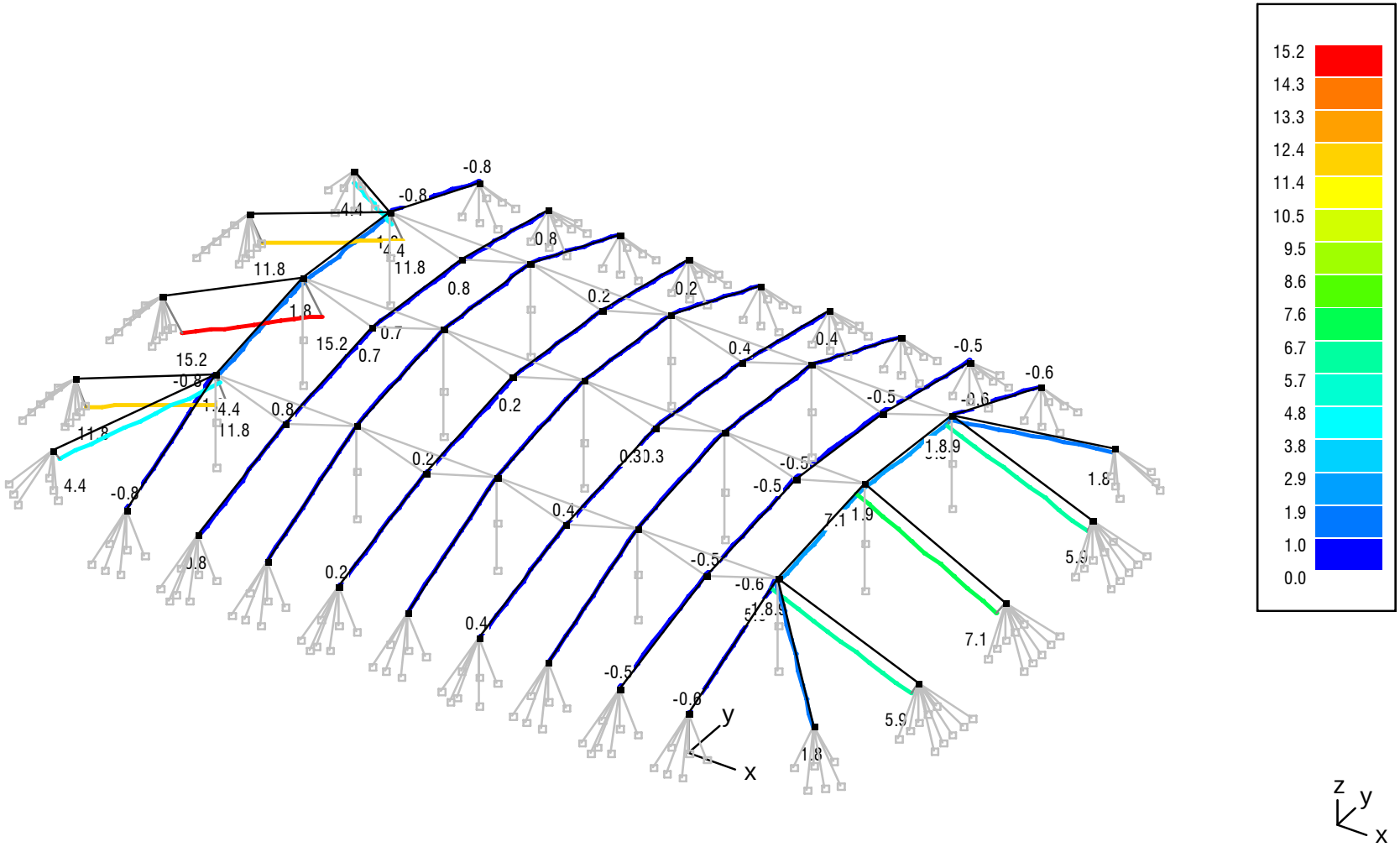
NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bg Opspanning (naspanning)



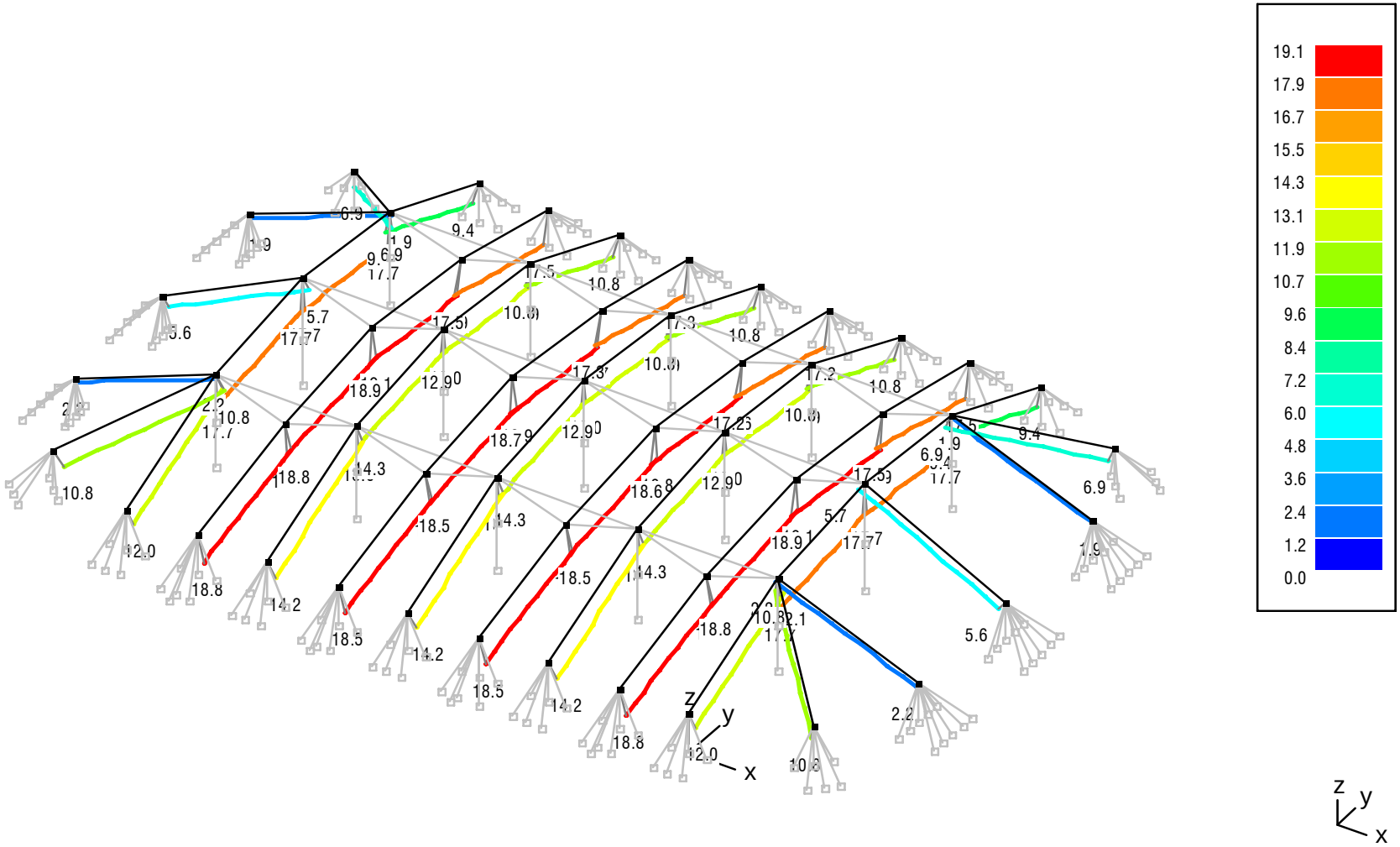
NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bg Wind dwars



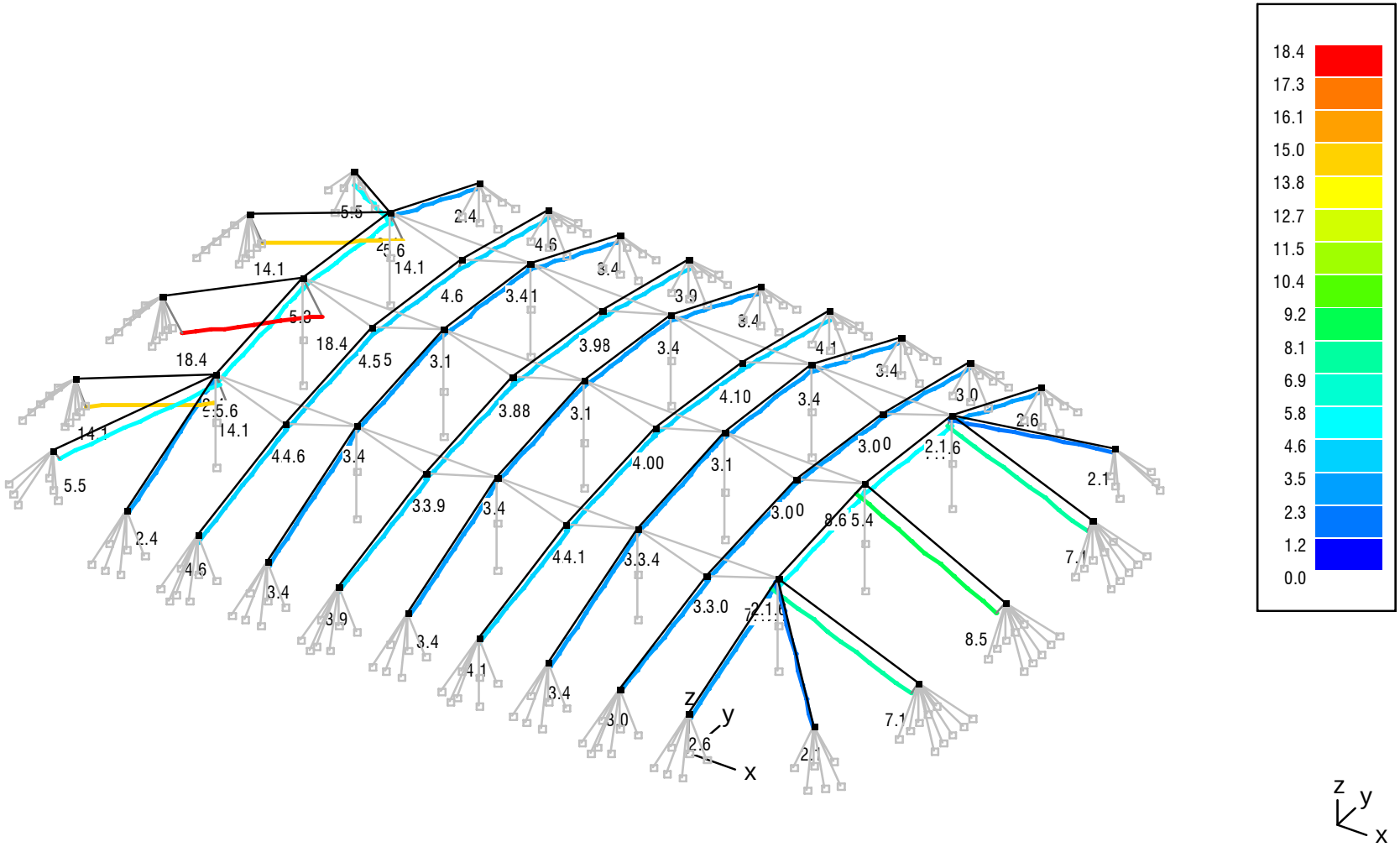
NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bg Wind langs



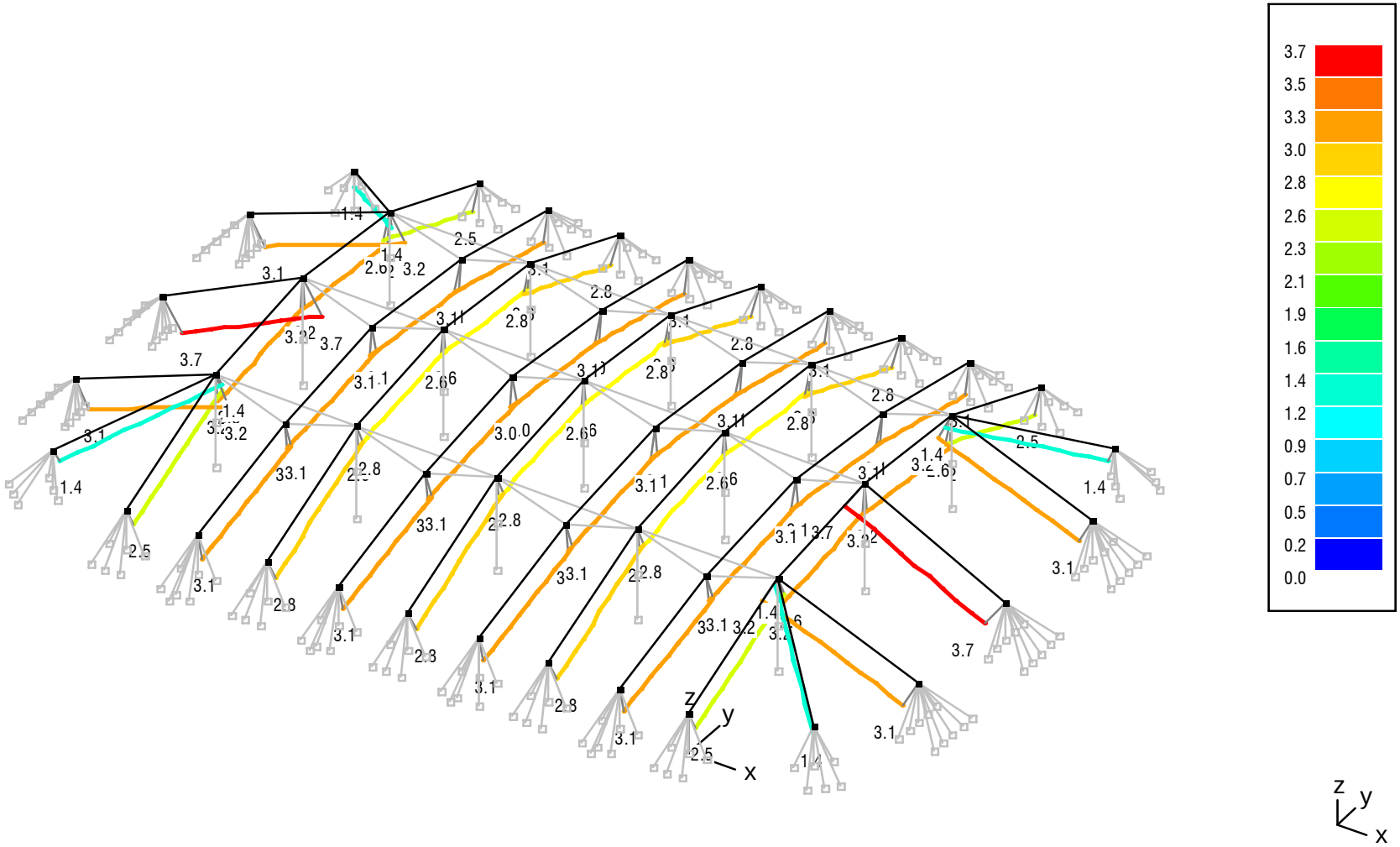
NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bc UGT1- Eg, Os, Wd



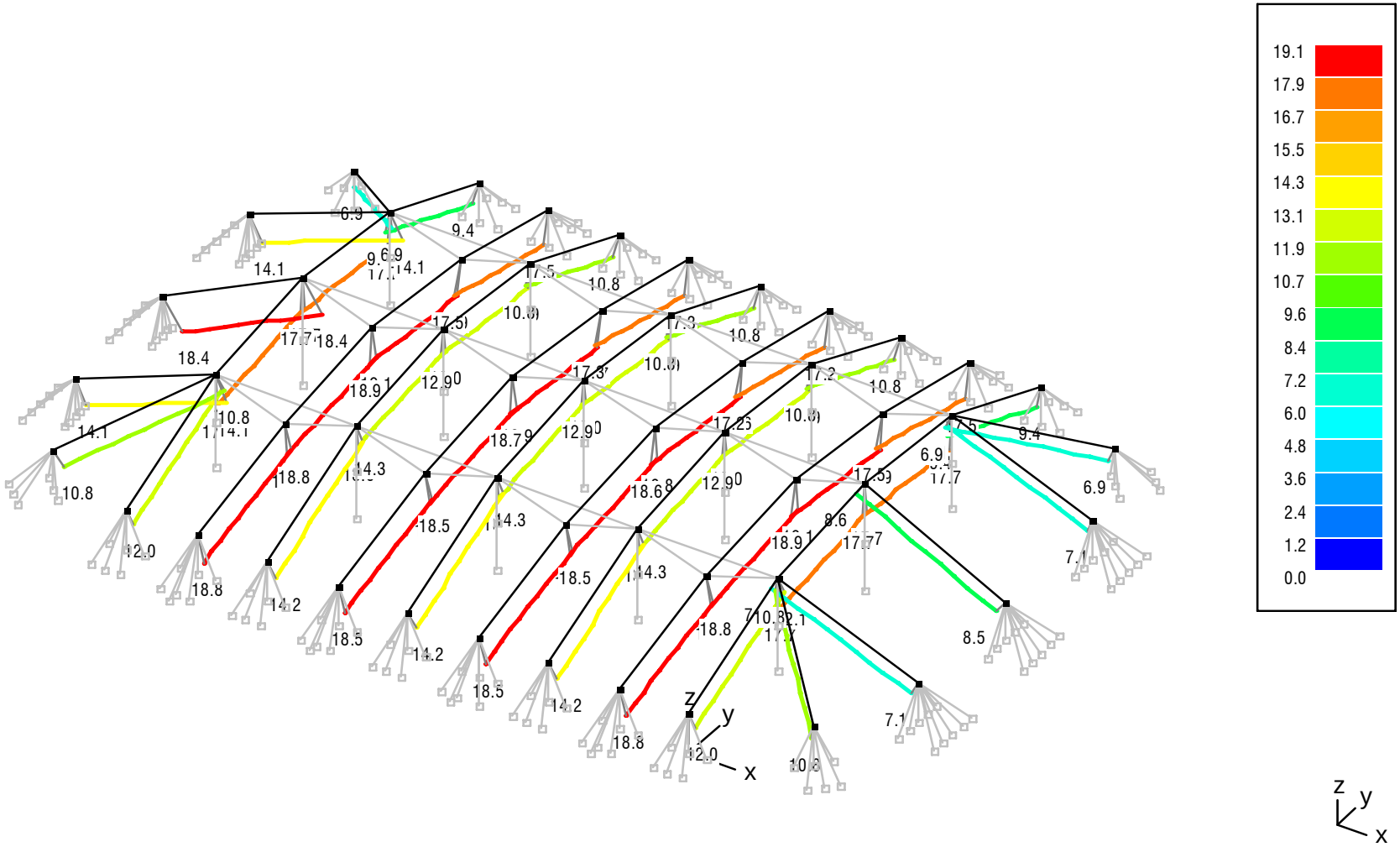
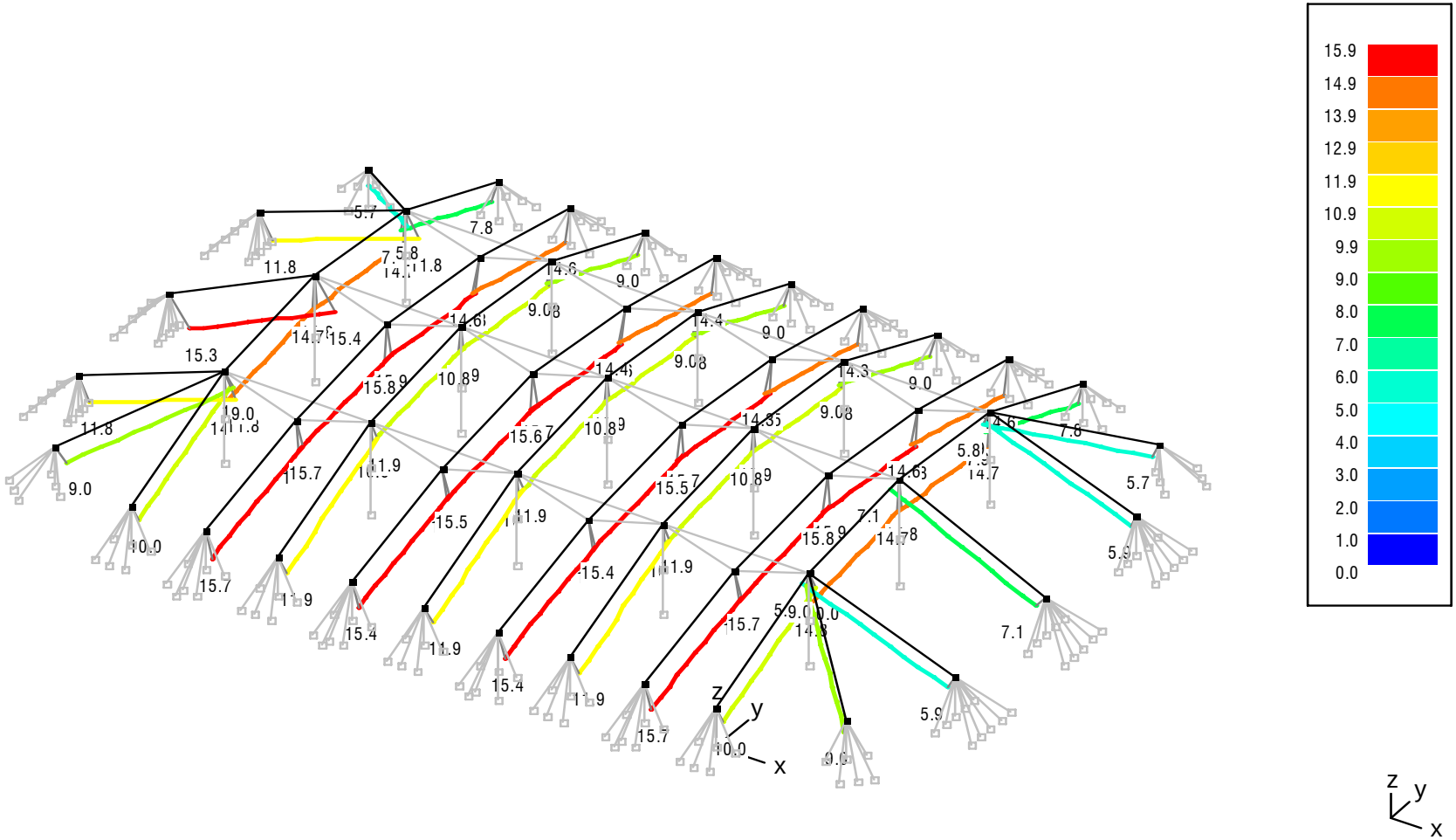
NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bc UGT2- Eg, Os, Wl



NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bc GGTQp- Eg, Os



NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bc UGT - omhullende



NORMAALKRACHTEN (ZEILDOEK) - bc GGTZC - omhullende